

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
( Н И У « Б е л Г У » )

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ИНФОРМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ

**РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ  
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ЛОГИСТИЧЕСКИМИ РИСКАМИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ  
ТРАНСПОРТЕ**

Выпускная квалификационная работа  
обучающегося по направлению подготовки 38.04.05 «Бизнес-информатика»  
заочной формы обучения, группы 07001574  
Остроуховой Анны Константиновны

Научный руководитель  
к.т.н., Асадуллаев Р.Г.

Рецензент  
д.т.н., профессор Малыш В.Н.

БЕЛГОРОД 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
1 Основные теоретические положения об информационных технологиях, применяемых на железнодорожном транспорте .....	5
1.1 Принципы работы современных информационных технологий в логистических транспортных системах .....	5
1.2 Схема работы автоматизированного управления цепями поставок в логистике ОАО «РЖД» .....	10
1.3 Анализ задач моделирования и оптимизации цепей поставок.....	14
2 Исследование технологии работы участников железнодорожного транспорта...	19
2.1 Структура участников транспортной цепочки на железнодорожном предприятии .....	19
2.2 Исследование информационного обеспечения структурных подразделений ОАО «РЖД».....	25
3 Исследование логистических рисков и построение семантической модели знаний структуры рисков на железнодорожном транспорте .....	30
3.1 Анализ и описание структуры логистических рисков на железнодорожном транспорте.....	30
3.2 Систематизация логистических рисков .....	39
3.3 Построение семантической модели рисков на железнодорожном транспорте.....	41
4 Разработка математической модели оптимизации риска нарушения сроков доставки грузов.....	45
4.1 Оптимизация рисков сверхнормативного простоя на основе имитационного моделирования Монте-Карло .....	45
4.2 Построение модели обслуживания вагонопотоков методом теории систем массового обслуживания.....	54
4.3 Разработка требований по адаптации Корпоративного информационного хранилища (КИХ) для автоматического формирования отчета «Анализ риска простоя вагонов по станциям» .....	75
Заключение.....	84
Список использованных источников.....	87

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время стремительно развиваются новые логистические информационные технологии, базирующиеся на создании более совершенных и мощных информационных систем. Важное место в разработке этих технологий занимает задача создания математических моделей для интеллектуальных информационных систем по оптимизации процессов на предприятии (что в свою очередь является одной из важнейших задач в концепции информационной логистики). В данном случае, качественная информатизация становится логистическим производственным фактором, благодаря чему даже в условиях высокой неопределенности и риска можно симитировать прогнозные и оптимизационные модели для управления принятием решения.

В соответствии с этим исследование логистических рисков (на примере работы железнодорожного предприятия), в том числе их ранжирование, выявление факторов, влияющих на риски, является базой в создании моделей базы знаний для применения в современных информационных системах.

В данной работе проведено исследование и анализ работы железнодорожного предприятия, на основании которого произведена формализация экспертных знаний в области логистических технологий по определению рисков, их уровней и причин для каждого структурного подразделения компании ОАО «РЖД». Эффективная технология взаимодействия всех филиалов, являющихся объектом исследования, и работа автоматизированных систем по управлению логистическими рисками, являющихся предметом исследования, непосредственно влияют на успешный технологический процесс работы холдинга.

С целью поддержки и усовершенствования информационного обеспечения в логистике компании очевидна необходимость разработки алгоритма по созданию новых математических моделей, позволяющих подробно описать риски действующей логистической системы, а также оптимизировать производственные процессы на предприятии. Вместе с этим,

актуальность исследования данной работы подтверждается получением возможного эффекта от автоматизации процесса оценки и управления логистическими рисками на предприятии.

Целью данной работы является повышение эффективности работы информационной системы, предназначенной для оценки логистических рисков в процессе принятия управленческих решений. Для достижения указанной цели поставлена задача разработки новой имитационной модели, включающей в себя логико-математическое описание объекта, которая должна иметь программную реализацию в существующей корпоративной информационной системе предприятия для эффективного проектирования, анализа и оценки функционирования логистической системы.

Здесь также важно отметить, что в настоящее время две трети компаний имеют программу по управлению рисками цепей поставок, но только половина из их представителей считают ее эффективной. На основании этого задачами по достижению цели разработки новых эффективных моделей для информационной системы управления логистическими рисками, в чем заключается научная новизна работы, являются следующие:

- изучение современных информационных технологий на железнодорожном транспорте;
- исследование предметной области структуры логистических рисков в структурных подразделениях ОАО «РЖД»;
- формализация семантической сети рисков на железнодорожном транспорте;
- оптимизация рисков нарушения сроков доставки грузов средствами имитационного моделирования Монте-Карло.

# **1 Основные теоретические положения об информационных технологиях, применяемых на железнодорожном транспорте**

## **1.1 Принципы работы современных информационных технологий в логистических транспортных системах**

В технологических преобразованиях, необходимых для качественного содержания национальной экономики в настоящее время, важнейшая инновационная программа посвящена логистическим транспортным системам и технологиям. Развитие новых информационных технологий в логистике играет большую роль в повышении конкурентоспособности российских транспортных организаций.

В стратегической программе развития ОАО «РЖД» обозначены важнейшие активы отрасли, которые превосходят по своим параметрам аналогичные ресурсы конкурентов. К данным активам следует отнести: объемы перевозочной работы, развитую техническую и информационную инфраструктуру, используемые информационно-управляющие системы, надежную вертикаль управления, терминальные мощности и др. Но вместе с этим для обеспечения устойчивого конкурентного преимущества компании ОАО «РЖД» нужно активное внедрение логистических информационных технологий как для оптимизации внутрикорпоративного взаимодействия, так и для оптимизации взаимодействия с макросредой холдинга [16].

Внедрение новых технологий в организацию работы железнодорожного транспорта в части совершенствования управления процессами доставки грузов (в том числе совершенствование технологии доставки), является важнейшим направлением научно-технического прогресса и связано с повышением эффективности работы транспортных систем.

Понятие транспортно-технологической системы означает совокупность согласованных и взаимоувязанных технических, технологических

экономических, организационных и коммерческо-правовых решений, позволяющих с максимальным эффектом и наименьшими издержками обеспечить доставку материальных потоков на конкретных направлениях движения товара к потребителю[6].

Основным инфраструктурным объектом в организации логистики является транспортный узел, где производится передача грузов с одного вида транспорта на другой и осуществляется пересадка пассажиров. В связи с этим каждый транспортный узел имеет ряд стыковых пунктов между различными видами транспорта, осуществляющих указанные операции. К пассажирским стыковым пунктам относятся железнодорожные пассажирские станции и остановочные пункты, автовокзалы, аэропорты, морские и речные порты и узловые станции метрополитена. К грузовым стыковым пунктам — грузовые железнодорожные станции общего пользования, портовые, наливные и другие специализированные станции, специализированные базы, аэропорты и другие.

В состав транспортного узла входят железнодорожные станции и подходы железнодорожных линий общего пользования; морские порты и подходы к ним; речные порты и целые водные узлы; узлы автомобильных дорог магистрального и местного значения; устройства промышленного транспорта; аэропорты и другие устройства воздушного транспорта; устройства городского транспорта общего пользования (сеть магистральных улиц, трассы трамвая, метрополитена и др.). Таким образом, транспортным узлом называют комплекс транспортных устройств в пункте стыка нескольких видов транспорта, совместно выполняющих операции по обслуживанию транзитных, местных и городских перевозок грузов и пассажиров [23].

Работа транспортного узла выполняется по строгой технологии, устанавливаемой технологическим процессом, разработанным на основе новейших методов и приемов эксплуатации. Единый технологический процесс транспортного узла объединяет технологические процессы различных видов транспорта, имеющих в узле. В основу технологического процесса работы транспортного узла закладываются следующие принципы:

- взаимодействие и координация всех видов транспорта;
- максимальное использование смешанных видов сообщений для перевозки грузов;
- организация работы стыкующихся видов транспорта по совмещенному контактному графику и единому технологическому процессу, основанному на слаженности и согласованности в действиях работников разных видов транспорта;
- широкое применение передовых информационных технологий при обслуживании пассажиров и перевозке грузов.

ОАО «Российские железные дороги» особую роль отводит информационному обеспечению перевозочного процесса. Развитие международной электронной торговли через всемирную сеть Интернет предъявляет к транспорту дополнительные требования по ускорению товародвижения, объявлению более точных сроков доставки грузов.

На железных дорогах России разработан и успешно внедряется комплекс многоцелевых информационных технологий, позволяющих выполнять коммерческие и эксплуатационные процедуры грузовых перевозок на основе электронного обмена данными. К наиболее важным можно отнести следующие информационные системы:

- Корпоративное информационное хранилище (КИХ) обеспечивает широкий круг пользователей динамической отчетностью по различным срезам прикладных областей; содержит данные о заявках на перевозки, сведения об отправлении и прибытии грузов по станциям, отделениям, дорогам, административным районам и округам, государствам ближнего и дальнего зарубежья, грузоотправителям и грузополучателям, организациям-плательщикам и множеству других показателей; в состав анализируемых количественных и качественных показателей входят: объем перевозок грузов (в тоннах, вагонах и контейнерах), грузооборот, средняя дальность перевозок, провозная плата (в рублях и валюте), сумма скидки, доходная ставка и др.

- Информационно-вычислительная система ДИСПАРК позволяет в режиме реального времени не только решать вопросы контроля над дислокацией вагонного парка на полигонах железных дорог России, СНГ и стран Балтии, но и оптимизировать управление грузопотоками;
- Информационно-вычислительная система ДИСКОН предназначена для управления контейнерными перевозками;
- Система электронной транспортной накладной ЭТРАН позволяет организовать перевозки грузов по безбумажной технологии;
- Системы взаимодействия припортовых станций и портов (ими уже оборудованы станция Находка-Восточная и порт Восточный, станция и порт Новороссийск);

Основными принципами работы современных информационных систем и технологий в транспортной логистике являются:

- Информационная интеграция на транспорте и в логистике на основе глобальных сетевых технологий для обеспечения глобального трансевразийского мониторинга движения грузов;
- Развитие сети высокоскоростных платных транспортных магистралей с дистанционными формами контроля;
- Совершенствование внутреннего и внешнего документооборота в транспортно-логистических компаниях и центрах на основе технологий интранет - экстранет;
- Формирование сети виртуальных транспортно-экспедиторских агентств и центров (VLC - VirtualLogisticsCenter) для организации отношений между клиентами и поставщиками логистических услуг (службы самозаказа);
- Технология GreenCustom (Зеленый коридор), основанная на электронном документообороте (EDI - ElectronicDataInterchange) позволит решить проблемы простоя транспорта на границах;
- Внедрение электронных форм контрактов и платежей за логистические услуги в закрытых и открытых коммерческих системах;



- Осуществление глобальной связи через сети российских железных дорог и взаимоувязанную сеть связи (ВСС) страны, включая мобильную связь;
- Информационная интеграция товаропроизводящих и обслуживающих компаний с потребителями на платформе IP-технологий.

Применение электронных технологий в логистике позволит сократить:

- время доставки грузов - на 20%;
- среднюю стоимость обработки товаротранспортных документов - на 50%;
- складские запасы - на 30%;
- суммарные затраты на транспортировку и хранение груза - на 10-15%.

При этом к недостаткам работы современных информационных технологий относится следующее:

- отсутствие принципа системного подхода в работе;
- локальность;
- преобладание информационно-справочных функций, а не управляюще-информационных;
- информационная поддержка, как правило, осуществляется для решения только оперативных (тактических) задач;
- практически отсутствуют информационные системы поддержки решения оптимизационных логистических задач;
- отсутствуют интегрированные логистические центры, обеспечивающие комплексное решение стратегических, тактических и оперативных задач точки зрения оптимизации не только процесса товаро-(грузо-) движения, но и развития логистической, прежде всего, терминальной инфраструктуры;
- отсутствуют экспертные (автоматизированные) системы принятия оптимальных управленческих решений, использующие возможности интеллектуальных баз (систем) знаний.

Оптимизация перевозочного процесса и инфраструктуры, используемой для перевозок, обеспечивает высокую эффективность работы железных дорог. Фундаментальной основой повышения эффективности работы железных дорог в условиях реформирования является внедрение новых методов управления перевозочным процессом на базе информационных и управляющих технологий.

## **1.2 Модель автоматизированного управления цепями поставок в логистике ОАО «РЖД»**

В современных условиях экономики ведущие международные компании, занимающиеся логистическим обслуживанием, оптимизацию управления цепей поставок товаров считают основным резервом увеличения прибыли и конкурентоспособности в качестве ключевого принципа организации работы логистической системы. Суть решения проблемы системного обоснования стратегии должна заключаться в образовании новых моделей организационных структур для оптимизации управления цепей поставок на основе интеграции нескольких видов транспорта и других участников товародвижения. Значение логистической интеграции заключается в возможности эффективного содействия нескольких субъектов транспортного рынка для реализации общих и частных целей.

Понятие «управление цепями поставок» в обобщенном виде, исходя из мнения большинства зарубежных специалистов, означает что «это три или более экономических единицы (организации или лиц), напрямую участвующие во внешних и внутренних потоках продукции, услуг, финансов и/или информации от источника до потребителя[6]. В соответствии с данным определением принято выделять уровни сложности цепей поставок:

- прямая цепь поставок (включает центральную компанию, определяющую структуру цепи поставок; поставщика и покупателя/потребителя; сервиса; финансов и информации);
- расширенная цепь поставок (дополнительно содержит поставщиков и потребителей второго уровня);
- максимальная цепь поставок (дополнительно включает контрагентов компании и всю сеть распределения до конечного потребителя).

Оптимизация цепей поставок является основной работой в управлении цепями поставок, которая должна быть построена на интегрировании ключевых бизнес-процессов организации. К данным бизнес-процессам относятся:

- управление взаимоотношениями с потребителями;
- обслуживание потребителей;
- управление спросом;
- управление выполнением заказов;
- управление производством/операциями;
- управление снабжением;
- управление дизайном продукта и его доведение до коммерческого использования;
- управление возвратными материальными потоками.

Схематично принцип действия автоматизированной логистической цепочки представлен на рисунке 1.1.

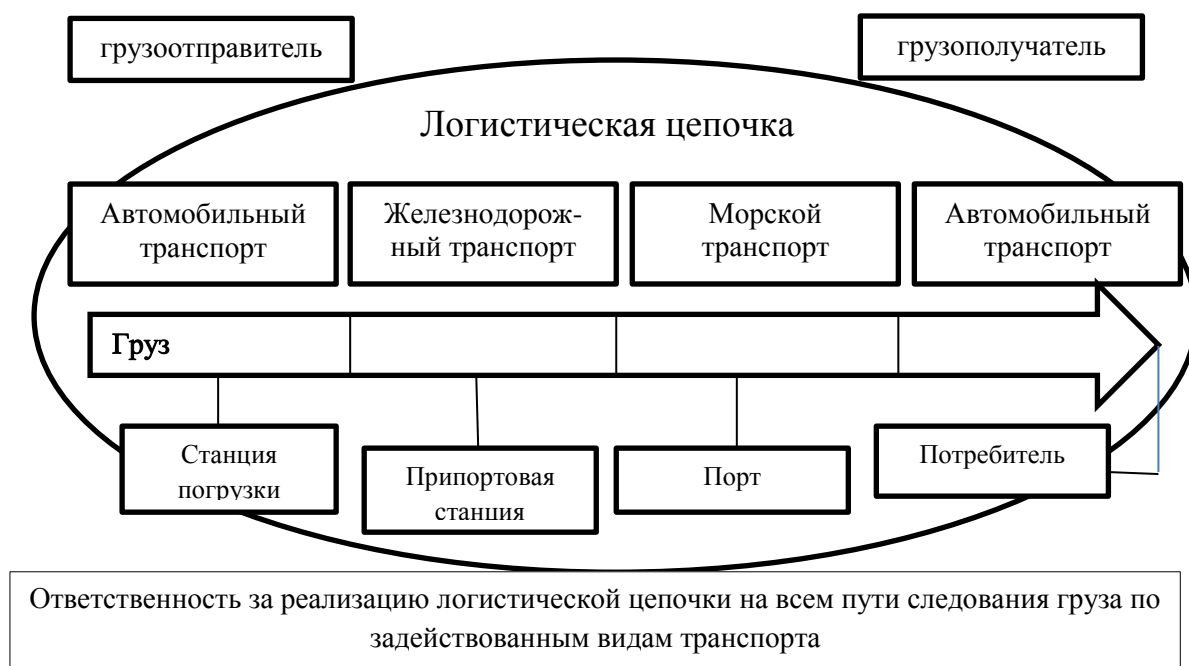


Рисунок 1.1 — Схема работы логистической цепочки[6]

Механизм управления процессом перевозок ОАО «РЖД» сейчас складывается из функционирования двух вертикалей управления, которые являются смежными и взаимосвязанными элементами единой системы:

- вертикаль управления по линии Центральной дирекции управления движением – филиала ОАО «РЖД» (сфера перевозочного процесса);
- вертикаль управления по линии СФТО (сфера сбыта).

В процессе осуществления определенной конкретной перевозки на станции отправления организуется и поддерживается постоянное взаимодействие следующих элементов: «Сбыт» – «Производство» – «Финансы» (для обеспечения Единого технологического процесса приема грузов к перевозке).

На базе плана заявок на перевозку проводится техническое нормирование и в пределах этой связи согласовывается сама заявка на перевозку, после чего определяется сменно-суточный план перевозок. На основании полученной информации о конвенционных запрещениях и платежеспособности клиента принимается решение о подаче/уборке подвижного состава и исполнения погрузочно-разгрузочных операций.

В общем виде управление сбытом производится посредством планирования объемов перевозок во взаимосвязи с различными посредниками, реализующими вспомогательные операции к основной производственной деятельности железнодорожного транспорта. При этом процесс оперативного управления процессами перевозок по традиционной для железнодорожного транспорта технологии сменно-суточного планирования, базирующейся на выполнении количественных показателей технического нормирования эксплуатационной работы, что затрудняет имеющуюся систему отвечать современным требованиям организации перевозки.

Внедрение логистических технологий в транспортную систему всей нашей страны в настоящее время определено следующими предпосылками:

- образование крупной транспортной компании страны — ОАО «РЖД», выполняющей функции перевозки и имеющей хорошие экономические возможности;
- образование структуры централизованной вертикали оперативного управления перевозками;
- создание мощной информационной базы, охватывающей все потоки железнодорожных перевозок;
- образование автоматизированных систем управления перевозками, которые дают возможность планировать, организовывать и отслеживать весь процесс транспортировки от момента отправления груза до его прибытия в пункт назначения;
- наличие научной и образовательной базы для подготовки квалифицированных кадров и создания и внедрения новых эффективных автоматизированных систем управления;
- разработка и внедрение единых технологических процессов (ЕТП) по управлению работой портовых узлов и пограничных переходов.

При всех современных разработках и технологиях в области управления цепями поставок отечественными исследователями активно разрабатываются проблемы, касающиеся отдельных видов рисков, связанных с транспортной

логистикой. Во многих научных и исследовательских работах используется термин «риск цепей поставок». Обобщенно здесь можно выделить два основных подхода к определению категории «риск цепей поставок»:

- 1) незапланированное изменение или нарушение потоков информации, материалов, продукции, денег между участниками цепи поставок;
- 2) незапланированное ухудшение параметров функционирования (эффективности) цепи поставок.

### **1.3 Анализ задач моделирования и оптимизации цепей поставок**

Использование логистического подхода к разработке каких-либо экономических моделей направлено на решение следующих задач:

- определение целей развития системы и формализация этих целей;
- определение способов (в том числе средств) достижения поставленных целей и изучение всех факторов воздействующих на систему;
- взаимоувязка целей и средств их достижения с потребностью в ресурсах, которые, как правило, ограничены.

Основными инструментами логистического подхода является анализ и синтез рассматриваемых цепей поставок. Анализ дает возможность определить наиболее существенные факторы, влияющие на цепь поставок; определить характеристику этих факторов, установить количественную и качественную оценку каких-либо процессов и явлений, а также определить их влияние на параметры системы. Синтез производится в процессе разработки и функционирования структурированной модели рассматриваемых параметров, которая объединяет все факторы в динамике развития цепей поставок. Целями информационно-логического математического моделирования являются:

- выявление наиболее существенных факторов, формирующих свойства системы и ее поведение, выявление возможных рисков и закономерностей, прогноз развития систем;
- выявление всей совокупности существенных связей в системе путем анализа (проигрывания, имитирования) всевозможных ситуаций;
- определение последствий воздействия на объект;
- апробирование возможных вариантов управления сложной системой или процессом;
- прогнозирование состояния системы под действием различных факторов в различных ситуациях;
- исследование характеристик системы при фиксированных свойствах;
- создание объектов с заданными свойствами и оптимизация некоторых характеристик - проектных параметров, для чего необходимо выявить те параметры, которые можно изменять в процессе моделирования.

При этом задачами моделирования является следующее:

- 1) построение концептуальной или информационной модели системы и проблемной области, которая содержит наиболее общую информацию и отражает структурные взаимосвязи системы с другими объектами окружающей среды;
- 2) построение аналитической или математической модели системы, которая детализирует отдельные аспекты структуры и поведения системы-оригинала в форме текста с использованием специальной математической нотации и символики;
- 3) построение имитационной или программной модели системы, которая непосредственно реализует информационно-логическую модель в форме, специально предназначенной для ее исследования с использованием компьютеров.

Основными принципами создания модели в логистическом подходе являются системность, целостность, оптимизация общих издержек, единство

проектирования и реализации проектов. Таким образом, системный подход в логистике обеспечивает комплексное рассмотрение всех этапов сфер товародвижения («снабжение–производство–хранение–распределение–транспорт–спрос–потребление»). Вместе с этим транспортировка и материально-техническое снабжение являются неотъемлемыми компонентами производственного процесса, что значительно изменяет критерии оценки эффективности в вышеуказанной цепи поставок.

В отличие от традиционного подхода, ориентированного на минимум издержек в каждом из звеньев, логистический подход направлен на отказ от изолированного рассмотрения затрат и ориентирован на критерий минимума общих издержек. Данная сумма затрат основывается на оптимальном значении каждого из слагаемых. Основными принципами оптимизации издержек являются:

- 1) исходная логистическая структура рассматривается как сложная система, включающая ряд подсистем;
- 2) каждая подсистема имеет свои собственные критерии оптимальности, отражающие его внутренние интересы;
- 3) функционирование звеньев представляет собой процесс взаимодействия всех элементов;
- 4) взаимодействие звеньев осуществляется посредством особой логистической системы, то есть является экономическим взаимодействием, цель которого – наилучшее сочетание интересов отдельных звеньев цепи поставок в целом [22].

Зачастую в настоящее время за основу оптимизации принимается критерий оптимальности В. Парето, который позволяет узнать, улучшает ли какое-либо решение по конкретному звену общее состояние цепи поставок. Таким образом, понятие оптимальности по Парето показывает такое экономическое поведение, которое не ухудшает состояние ни одного из элементов взаимодействия при достижении наилучшего результата в интеграции. В свою очередь, интеграция выражает важнейшую концепцию в



логистике (объединение всех функциональных сфер логистики – снабжение производство, транспортировка и другие операции, связанные с товародвижением) и нацелена на рационализацию всей сферы обращения и производства в совокупности.

Подводя итоги первой главы можно сделать следующее обобщение о ее содержании: в первой главе описаны основные теоретические положения об информационных технологиях, применяемых на железнодорожном транспорте, а также раскрыты задачи моделирования и оптимизации цепей поставок с целью проведения дальнейшего исследования в области математического моделирования (необходимой для поддержки работы корпоративной информационной системы).

## **2 Исследование технологии работы участников железнодорожного транспорта**

### **2.1 Структура участников транспортной цепочки на железнодорожном предприятии**

Для формирования модели логистических рисков проведена работа по выявлению рисков на основе исследования технологии протекающих процессов в функциональных областях логистики в вертикали и смежных структурах железнодорожной отрасли на разных уровнях логистического менеджмента.

Координация логистической деятельности железнодорожного транспорта от определенного транспортного узла до всей сети железных дорог в целом направлена на организацию слаженного технологического взаимодействия всех видов транспорта и других участников процесса транспортировки грузов. Непосредственными участниками логистической деятельности в рамках компании ОАО «РЖД» являются: ИВЦ (информационно-вычислительный центр), ТЦФТО (территориальный центр фирменного транспортного обслуживания), ДЦУП (дорожный центр управления перевозками), ОАО «РЖД Логистика» и др. со всеми их филиалами и структурными подразделениями. Наглядно и детально схема взаимодействия данных структур представлена на рисунке 1.2.

На уровне ОАО «РЖД» оперативное управление перевозочным процессом на сети железных дорог осуществляет Центр управления перевозками (ЦУП), который находится в непосредственном подчинении Департамента управления перевозками ОАО «РЖД». На уровне железной дороги оперативное управление перевозочным процессом возложено на единую диспетчерскую смену дорожного центра управления перевозками (ДЦУП), входящего в состав службы перевозок железной дороги. Организация развоза местного груза осуществляется при тесном взаимодействии диспетчеров по

развозу местного груза ЦУМР с поездными диспетчерами и руководством ДЦУП. Диспетчерское управление местной, маневровой, сортировочной и грузовой работой на железнодорожных станциях осуществляют Центры управления местной работой (ЦУМР)[10].

В общем виде организационные структуры железнодорожного транспорта, связанные с логистической деятельностью направлены на реализацию следующих задач:

- координация взаимодействия различных видов транспорта и других организаций (терминалов, экспедиторов, стивидоров и др.), принимающих участие в осуществлении перевозок грузов в транспортном узле, необходимая для обеспечения бесперебойного процесса работы по перегрузке грузов;
- организация оперативного взаимодействия смежных видов транспорта и грузообразующих предприятий транспортного узла;
- организация и качественное осуществление информационного обмена между структурами логистической технологии, участвующих в транспортировке грузов;
- увязка оперативной информации «груз – заявка – вагон – судовая партия – порт – причал/склад – судно» для грузов, следующих с перевалкой в транспортном узле»;
- оптимизация обработки грузопотоков в транспортном узле с учетом технических и технологических возможностей участников транспортного процесса;
- контроль за осуществлением своевременной доставки грузов и удовлетворения потребностей грузоотправителей и грузополучателей в оказании перевозочных услуг и сопутствующих им услуг в рамках возможностей существующего транспортного комплекса;
- обеспечение, совместно с причастными отделами и службами дороги, комплексного транспортного обслуживания пользователей услуг федерального железнодорожного транспорта;

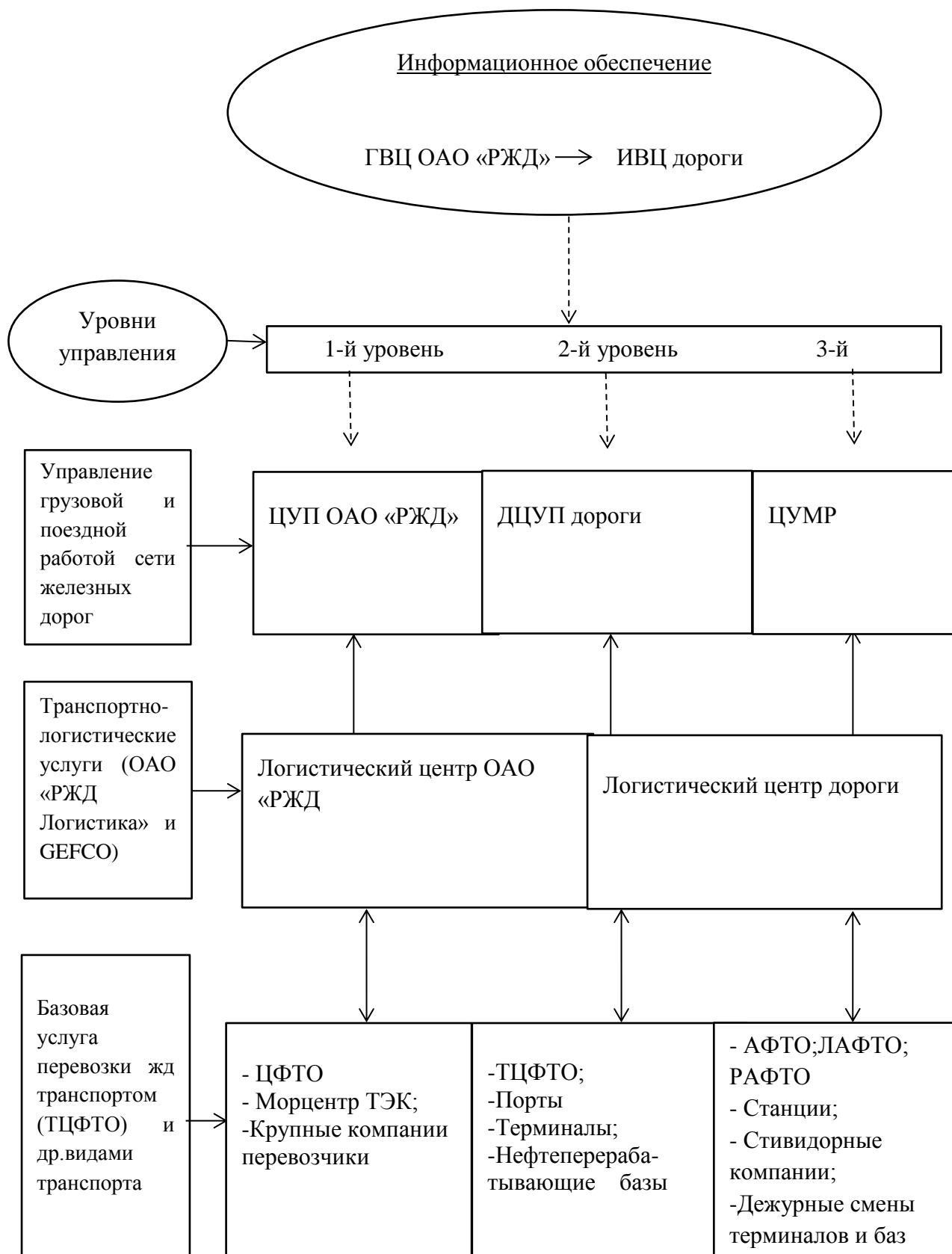


Рисунок 2.1 – Схема технологии взаимодействия смежных участников транспортной цепочки в рамках ОАО «РЖД»

- осуществление постоянного мониторинга грузопотоков и определение перспектив зарождения и погашения грузопотоков;
- определение прогрессивных норм и нормативов взаимодействия участников транспортного процесса;
- оптимизация распределения ограниченных ресурсов между обеспечивающими подразделениями транспортного узла (терминалами, станциями и др.)[9].

Реализация логистической технологии осуществляется посредством выполнения определенными отделами и службами дороги следующих функций:

- согласование проекта месячного «плана завоза» грузов в транспортный узел с учетом возможностей всех заинтересованных сторон (видов транспорта и других вспомогательных организаций перевозочного процесса), в целом по узлу и по всем перегрузочным «элементам» транспортного узла;
- планирование оперативной работы транспортного узла по перегрузке грузов с учетом складывающейся оперативной обстановки – подход грузопотоков и порожнего подвижного состава, погодные условия, наличие и исправность перегрузочных механизмов, наличие и состояние складских помещений; а также определение суточной нормы перегрузки грузов по «элементам» транспортного узла;
- разработка предложений по увеличению объемов перевозок грузов через транспортный узел на основе расширения и улучшению качества транспортных услуг, совершенствования взаимодействия с пользователями услуг федерального железнодорожного транспорта;
- рассмотрение поступающих коммерческих предложений совместно с отделом договорной работы ТЦФТО на перевозку грузов через транспортный узел с перевалкой по прямому варианту «вагон-судно»;

- ведение непрерывного анализа причин срыва согласованной погрузки грузов, следующих назначением в транспортный узел, и принятие оперативных мер по их корректировке;
- проведение постоянного контроля за работой экспедиторов;
- осуществление постоянного контроля за исполнением согласованного подвода поездов и их продвижением на прилегающих участках железных дорог;
- ведение оперативной и статистической отчетности по периодам;
- подготовка предложений по совершенствованию логистических технологий и организации перевозок грузов в транспортном узле.

Работа, связанная с логистикой на уровне дороги, осуществляется причастными службами и предприятиями железной дороги и является основным распорядителем по заключению и выполнению договоров с пользователями услуг инфраструктуры в части организации перевозок грузов и комплексном транспортном обслуживании в направлении грузополучателей. Здесь производится оптимизация продвижения вагонопотока, формирование и управление логистическими цепочками с целью осуществления комплексного обслуживания по доставке грузов, проектировка получения больших доходов железной дороги от перевозок грузов и оказания сопутствующих услуг, разработка и реализация усовершенствованных видов транспортных услуг[11].

Функции информатизации и связи, а также обеспечения работы ОАО «РЖД» выполняет Главный вычислительный центр - филиал ОАО «РЖД» (ГВЦ). На уровне дороги структурным подразделением ГВЦ является ИВЦ (информационно-вычислительный центр) дороги. Работа ИВЦ дороги направлена на обеспечение эксплуатации корпоративных информационных систем, программно-технических комплексов, сети передачи данных и инженерных систем ОАО «РЖД»; на обеспечение бесперебойного функционирования и развития информационно-вычислительной инфраструктуры и инженерных систем; на осуществление сбора, обработки, хранения и передачи информации руководству ОАО «РЖД» с применением

средств вычислительной техники и сети передачи данных; на оказание информационных услуг на договорной основе и др.

Территориальная фирма транспортного обслуживания (ТЦФТО) осуществляет базовую услугу перевозки грузов железнодорожным транспортом. Деятельность центрального органа ТЦФТО – ЦФТО ОАО «РЖД» в рамках реализации логистической технологии заключается в проверке и утверждении «плана завоза» грузов на следующий месяц, декадного посуточного плана заявок грузов и дополнительных планов погрузки. При этом ТЦФТО дороги в рамках реализации автоматизированной логистической технологии согласовывает и формирует вышеуказанные планы.

ЦУП (центр управления перевозками) ОАО «РЖД» представляет оперативный персонал службы движения сетевого уровня управления. Его функционирование связано с осуществлением следующих работ: организация пропуска поездопотока на основных направлениях (транспортных коридорах) «РЖД» в соответствии с заданными приоритетами пропуска поездов; осуществление контроля за работой «накопительных буферов» на железных дорогах; контроль над выполнением плана поступления поездов по стыкам дорог и др.

Организация цепей поставок, осуществление интермодальных перевозок, складского хранения и терминальной обработки и другие мероприятия по комплексному логистическому обслуживанию обеспечивают дочерние компании ОАО «РЖД» – ОАО «РЖД Логистика» и GEFCO. Компания ОАО «РЖД Логистика» предоставляет комплексные транспортно-логистические услуги путем интеграции всех услуг холдинга ОАО «РЖД» и сторонних поставщиков в единую цепочку поставок на рынке мультимодальных перевозок.

## **2.2 Исследование информационного обеспечения структурных подразделений ОАО «РЖД»**

Функцию стыкования и взаимодействия информационных, финансовых и материальных потоков выполняют товарные конторы (ТБК) железнодорожных станций, технологические центры обработки перевозочных документов (ТехПД), отделы по обработке перевозочных документов информационно-вычислительного центра (ИВЦ), дороги (ИВЦ ПД), дорожные центры фирменного транспортного обслуживания (ТЦФТО), агентства ТЦФТО на отделениях и в крупных транспортных узлах (АФТО), а также транспортно-экспедиционные конторы (ТЭК) морских торговых портов и грузовых контор речных портов (ГК). Помимо перечисленных подразделений, данную функцию выполняют экспедиторские, таможенные, сертификационные и страховые организации, без оплаты услуг которых, а также без оформления и предъявления соответствующих документов невозможно перемещение транспортных и грузовых потоков (рисунок 1.3).

В свою очередь функцию стыкования и взаимодействия информационных потоков с транспортными средствами выполняют на всех видах транспорта диспетчерские аппараты.

В связи с автоматизацией информационных технологий и переходом на новую вертикаль управления перевозочным процессом Центр управления перевозками (ЦУП), Дорожные центры управления перевозками (ДЦУП), Центры управления местной работой (ЦУМР) планируется в едином комплексе создавать логистические центры как узлы взаимодействия потоков всех типов и их координации.





Рисунок 2.2 – Структура взаимодействия вертикалей управления ОАО «РЖД»[6]

В ОАО «РЖД» создана вычислительная система, включающая в себя целый ряд информационных систем, обеспечивающих технологический и финансовый мониторинги. Функционирует полная модель перевозочного процесса железнодорожного транспорта страны в режиме реального времени, внедренные в промышленную эксплуатацию и доказавшие свою эффективность конкретные информационные технологии – ЭТРАН («Автоматизированная система централизованной подготовки и оформления перевозочных документов»), АСУ «Грузовой экспресс», АСУ ЦУМР и другие, объединенные и объединяемые в единую систему СИРИУС.

Система ЭТРАН включает следующие подсистемы:

- ведение конвенционных запрещений и ограничений;
- оформление заявки на перевозку;
- оформление перевозочных документов при отправлении;
- оформление перевозочных документов по прибытию;
- другие.

Система «Грузовой Экспресс» создана для повышения эффективности управления перевозками грузов железнодорожным транспортом через морские порты и пограничные переходы путем оперативного регулирования (разрешения/запрещения) погрузки и регулирования продвижения грузов в адрес определенных припортовых станций и пограничных переходов. В ее составе разработана автоматизированная информационная система внешнеторговых перевозок (АИС ВТП) с целью обеспечения руководящего аппарата ОАО «РЖД», ЦД и ЦУП оперативной информацией о погрузке и наличии в процессе перевозки на железных дорогах внешнеторговых грузов для принятия эффективных и своевременных мер по управлению перевозками в международном сообщении.

Назначением АСУ ЦУМР является следующее:

- 1) своевременное и достоверное информационное обеспечение сменно-суточного и текущего планирования, контроля и анализа местной работы;

2) автоматизация процессов сменно-суточного и текущего планирования местной работы, в том числе создание автоматизированных комплексов планирующих задач.

3) автоматизация функций контроля: хода развоза местного груза по станциям отделения, хода грузовой работы на станциях, в том числе в сравнении с действующими сменно-суточным и текущим планами.

4) автоматизация учета местной работы отделения, подготовки и ведения отчетной документации, оценки выполнения норм сменно-суточного и текущего планирования грузовой и местной работы, анализа результатов работы [3].

В настоящее время производится увязка данных технологий в единую логистическую технологию, обеспечивающую, согласованный с морскими портами, трейдерами подвод вагонов с экспортными грузами для выгрузки в портах на основе заблаговременного согласования заявки на погрузку вагонов со станциями назначения, с портом, грузополучателем и другими смежниками, носящую название сетевой интегрированной информационно-управляющей системы (СИРИУС).

Система СИРИУС создается как единая интегрированная и корпоративная информационно-управляющая система, работающая в режиме реального времени. Предназначена для анализа, прогноза и принятия решений по организации перевозочного процесса на всех уровнях управления в целях повышения эффективности эксплуатационной работы станций, диспетчерских участков, дорог, сетевых направлений и сети железных дорог в целом.

Объединение созданных и создаваемых на железнодорожном транспорте информационных систем, их интеграция в единую систему СИРИУС позволит на качественно новом уровне осуществлять управление перевозочным процессом, повысить устойчивость функционирования ОАО «РЖД» на транспортном рынке.

Стандартно любой транспортный железнодорожный узел должен иметь один или несколько станционных технологических центра, которые

обеспечивают обработку поездной информации и перевозочных документов, информационное и учетно-отчетное обеспечение перевозочного процесса на станции в условиях функционирования АСУ СС и АСОУП (автоматизированные системы управления перевозками). Станционный технологический центр (СТЦ) производит обработку поездных документов: по прибытию (транзитных и поездов, прибывших в расформирование со всех направлений и составов) и по отправлению (транзитных и поездов своего формирования и составов).

Информация о составах прибывающих поездов поступает из АСОУП в виде ТГНЛ (телеграммно-натурный лист грузового поезда) проходит контроль и записывается в память соответствующих устройств АСУ СС. По мере поступления ТГНЛ на прибывающие поезда оператор СТЦ по прибытию делает выборку вагонов с местным грузом и передает о них информацию (номер поезда, количество вагонов, род груза, получатель) маневровому диспетчеру и старшему приемосдатчику.

Оператор СТЦ в процессе роспуска состава сортирует перевозочные документы по назначениям вагонов. Подбирает их согласно накопительной ведомости. После завершения накопления с помощью АРМ ТК (автоматизированного рабочего места) формирует натурный лист, по которому производится подборка перевозочных документов на состав. Натурные листы составляются в трех экземплярах: первый экземпляр вкладывается в пакет с перевозочными документами, второй вручается машинисту локомотива, третий подписанный маневровым диспетчером остается в делах станции и используется для передачи информации.

В завершении второй главы необходимо отметить, что проведенное детальное исследование и анализ технологии работы участников железнодорожного транспорта позволит формализовать архитектуру предприятия и определить центры ответственности структурных подразделений компании за определенные риски. В свою очередь описание исследования рисков, подлежащих структурированию в управленческой

отчетности, формируемой с помощью корпоративной информационной системы по управлению логистическими рисками, содержится в последующей главе.

### **3 Исследование логистических рисков и построение базы знаний структуры рисков на железнодорожном транспорте**

#### **3.1 Анализ и описание структуры логистических рисков на железнодорожном транспорте**

Риск в широком смысле – это характеристика ситуации, имеющей неопределенность исхода, при преобладающем наличии неблагоприятных последствий (а также это неуверенность или невозможность получения достоверного знания о благоприятном исходе при указанных ограничениях); риск - это случайное событие, которое может произойти или не произойти[15].

Термин «логистический риск» за последнее десятилетие все чаще встречается в российской научной и аналитической литературе и уже прочно вошел в профессиональную лексику. Однако общепринятый подход к определению и таксономии данной категории, ее соотнесению с другими уже устоявшимися категориями рисков в бизнесе отсутствует. Зачастую такие понятия как «логистический риск», «риски в логистике», «риски в логистических системах», «риски в логистической деятельности» и «риски в цепях поставок» используются как синонимы[32]. При попытках классификации логистических рисков рисковые ситуации в различных классификационных группах дублируются, классификационные признаки для выделения групп не выдерживаются, по одной или нескольким группам рисков могут быть отнесены и факторы, и источники, и причины риска, сама рисковая ситуация и ее последствия. Так же за редкими исключениями, не указываются и не обосновываются причины, побудившие авторов применять те или иные принципы классификации.

Обобщенно можно сказать, что в логистических системах и цепях поставок проявляются, как правило, риски логистической природы, включающие в себя риски выполнения логистических операций в

транспортировке, грузопереработке, управлении запасами и риски логистического менеджмента, возникающие на разных уровнях декомпозиции логистической системы. Потери на железнодорожном транспорте чаще всего делятся на несколько составляющих: трудовые, материальные, финансовые, потери времени, и другие[31].

С точки зрения логистики временные потери, выражающиеся в простое вагонов в процессе доставки грузов, являются наиболее распространенными рисками в организации перевозок и вызывают наибольший интерес в исследовании. Оптимизация данных рисков позволит сократить многие потери и принести значительный эффект в использовании временных ресурсов предприятия. В соответствии с этим в данной работе рассмотрены и проанализированы риски нарушения сроков доставки грузов, связанных в первую очередь с простоем вагонов сверх нормы и вместе с этим с качеством работы информационных систем и работы железнодорожных служб в целом.

Обобщенно простой вагона – это время нахождения вагона на станциях под грузовыми или техническими операциями. Простой вагонов оказывает непосредственное влияние на развитие эксплуатационной работы станции, так как сокращение времени простоя уменьшает потребность в рабочем парке вагонов, повышает пропускную способность инфраструктуры. Благодаря этому нет необходимости заказывать новый подвижной состав и делать дополнительные вложения в развитие станций.

В исследовании рисков простоя вагонов был рассмотрен крупный железнодорожный узел станции Лиски Юго-Восточной железной дороги как звено в системе цепи поставок. Следует также отметить особенности составляющего транспортного узла города Лиски: Лискинский район имеет развитую транспортную инфраструктуру, представленную сетью железных и автомобильных дорог, трубопроводов, а также внутренних водных судоходных путей; непосредственно через Лиски проходят железнодорожные ветки «Север-Юг», «Транссиб»; железнодорожная станция Лиски является крупным железнодорожным транспортным узлом, как в системе Воронежской области,

так и в системе Российской Федерации; имеется порт на реке Дон с железнодорожными подъездами, а также автодороги с выходом на магистрали федерального значения М-4 «Дон» и А-144. Нормативные и фактические данные о простое на станции Лиски приведены в таблице 3.1.

Фактический простой вагонов рассматриваемого железнодорожного узла за три года (с 2014 по 2016 гг.) преимущественно не достигает плановой нормы, кроме показателя простоя транзитного вагона с переработкой за 2015 год (выполнено 100,9 %), и общий процент выполнения плана составляет 79,23 %.

Таблица 3.1 — Простой вагона с 2014 по 2016 гг.

Показатель	Год	Время простоя, час.		Процент выполнения, %
		План	Факт	
Простой транзитного вагона б/п	2014	2,08	2,72	76,6
	2015	2,29	2,27	100,9
	2016	2,21	3,19	69,3
Простой транзитного вагона с/п	2014	11,71	13,26	88,3
	2015	11,69	12,66	92,3
	2016	10,96	11,76	93,2
Простой местного вагона	2014	91,58	92,21	99,3
	2015	99,16	171,5	57,8
	2016	103,38	288,9	35,8
Средний процент выполнения плана:				79,23

Данные о простое отражают негативную тенденцию качества исполнения временных норм работы. Простой местного вагона с каждым годом ухудшается и показывает наибольшее отклонение от плана (35,8 %). Простой транзитного вагона также ни разу не достиг нормы и варьируется от 88,3 % до 93,2 %. В 2014 и 2016 годах наблюдается отрицательная динамика простоя вагона без переработки.



Причины отклонения выполненных показателей от заданных связано с недостатками в работе различных служб. Причины простоя и их временные значения представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 — Причины простоя вагонов на жд узел «Лиски»

№	Причина простоя	Время простоя, час.			
		2012	2013	2014	Среднее значение
1	Регулировка ДНЦУ	5,56	24,16	10,12	13,28
2	Запрет ДНЦ	19,78	16,22	20,02	18,67
3	Отцепка не по назначению	4,06	0,25	3,17	2,49
4	Отцепка по весу	0,92	1,0	0,8	0,91
5	Несвоевременное пополнение Состава	1,75	10,09	7,14	6,33
6	Несвоевременная подача локомотива	2,15	1,93	2,3	2,13
7	Ремонт локомотива	64,7	133,09	88,73	95,51
8	Прием локомотива свыше тех. нормы	5,96	2,74	2,15	3,62
9	Отцепка вагона по тех/браку	21,44	19,78	22,16	21,13
10	Проба автотормозов	22,36	11,63	18,9	17,63
11	Устранение разности высот автосцепок	4,82	3,69	4,95	4,49
12	Обработка состава	1,63	8,23	7,26	2,59
13	Падение давления	1,97	3,61	2,18	2,59
14	Путевое «окно»	7,83	10,35	11,12	9,77
15	Отцепка вагона по ком.браку	3,77	3,0	3,56	3,44
16	Пропуск пассажирских поездов	18,45	6,95	20,16	15,19
17	Прочие	7,73	21,42	14,28	14,48

Анализ факторов, влияющих на простои вагона можно провести с помощью классификации причин простоя по методу АВС. Разделение на группы (А, В, С) факторов, влияющих на простои вагонов на железнодорожном узле была произведена по среднему значению времени простоя за три года (с 2014 по 2016 гг.). Данная классификация представлена в таблице 3.3 и на рисунке 3.1.

Таблица 3.3 — Классификация причин простоя по методу «АВС»

№	Причина простоя	Среднее значение, час.	Доля, %	Доля с нарастающим итогом, %	Категория
1	2	3	4	5	6
7	Ремонт локомотива	95,51	40,77	40,77	А
9	Отцепка вагона по тех/браку	21,13	9,02	49,79	
2	Запрет ДНЦ	18,67	7,97	57,76	
10	Проба автотормозов	17,63	7,53	65,29	
16	Пропуск пассажирских поездов	15,19	6,48	71,77	
17	Прочие	14,48	6,18	77,95	
1	Регулировка ДНЦ	13,28	5,67	83,62	В
14	Путевое «окно»	9,77	4,17	87,79	
5	Несвоевременное пополнение состава	6,33	2,70	90,49	
11	Устранение разности высот автосцепок	4,49	1,92	92,41	
8	Прием локомотива свыше тех. нормы	3,62	1,55	93,96	
15	Отцепка вагона по ком.браку	3,44	1,47	95,43	С
12	Обработка состава	2,59	1,11	96,53	
13	Падение давления	2,59	1,11	97,64	
3	Отцепка не по назначению	2,49	1,06	98,70	

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3	4	5	6
6	Несвоевременная дача локомотива	2,13	0,91	99,61	
4	Отцепка по весу	0,91	0,39	100,00	
Сумма:		234,25	100	-	

Анализ классификации причин простоя железнодорожного транспортного узла дает возможность сделать вывод о степени важности и срочности решения по устранению каких-либо узких мест. Таким образом, категория «А», включающая время на ремонт локомотива, отцепку вагона по техническому браку, запрет ДНЦ (поездного диспетчера), проба автотормозов, пропуск пассажирских поездов и группа прочих причин, имеет наибольшую составляющую в простое вагонов. Разработка и реализация мероприятий по сокращению времени задержки составов в связи с выполнением операций группы «А» принесет наибольший вес в общее сокращение времени простоя и повысит вероятность выполнения плановых показателей простоя. Немаловажное значение следует уделить факторам простоя группы «В» (регулировка ДНЦ, путевое «окно», несвоевременное пополнение состава, устранение разности высот автосцепок, прием локомотива свыше технической нормы). Сокращение времени их выполнения позволит в достаточной степени оптимизировать операционную работу на станции. Последняя категория «С» включает наименьшие показатели простоя, сокращение времени осуществления этих операций меньше всего скажется на общем показателе простоя.

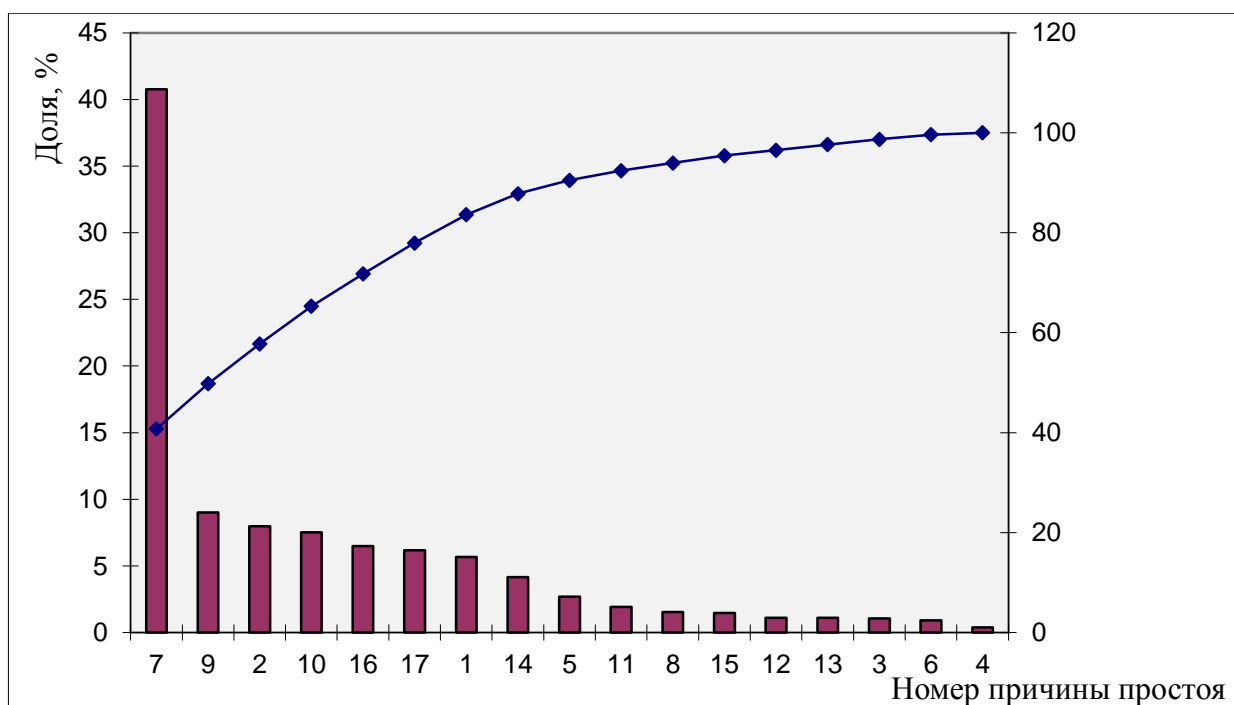


Рисунок 3.1 — Доля вклада показателя времени простоя на станции

Для наглядного рассмотрения тенденции изменения временного ряда простоя транзитного и местного вагона можно построить линию тренда. Линия тренда была построена в программе «Excel» выраженная линейным и полиномиальным уравнением. Полиномиальный тренд описывает данные, плавно изменяющиеся в разных направлениях. Порядок полинома был задан равным шести, для увеличения точности величины достоверности аппроксимации. Временной ряд включает показатели простоя вагона на десять лет (с 2006 по 2016 гг.), таблица 3.4.

Таблица 3.4 — Динамика простоя вагона с 2006 по 2016 гг.

Год	Простои, час.	
	Транзитные	Местные
1	2	3
2006	14,96	31,39
2007	12,93	23,22
2008	12,69	22,76
2009	11,93	32,62
2010	12,02	27,44

Продолжение таблицы 3.4

1	2	3
2011	11,35	24,19
2012	14,46	155,6
2013	16,8	161,4
2014	14,98	92,21
2015	14,93	171,47
2016	14,95	288,9

Преимущественное движение показателей простоя транзитного вагона восходящее, что говорит о тенденции возрастания простоя вагонов. Величина достоверности аппроксимации линейного уравнения очень мала ( $R^2=0,2252$ , рисунок 3.2) , что говорит о скачкообразных изменениях временного ряда. Сглаживание значений простоя полиномиальным методом показало направление плавного снижения простоя до 2010 года, возрастание простоя до 2014 года, снижение времени простоя до 2015 года и снова возрастания данного показателя до 2016 года. За последние годы простой транзитного вагона заметно увеличивается, что связано с некачественным выполнением операционной работы на станции.

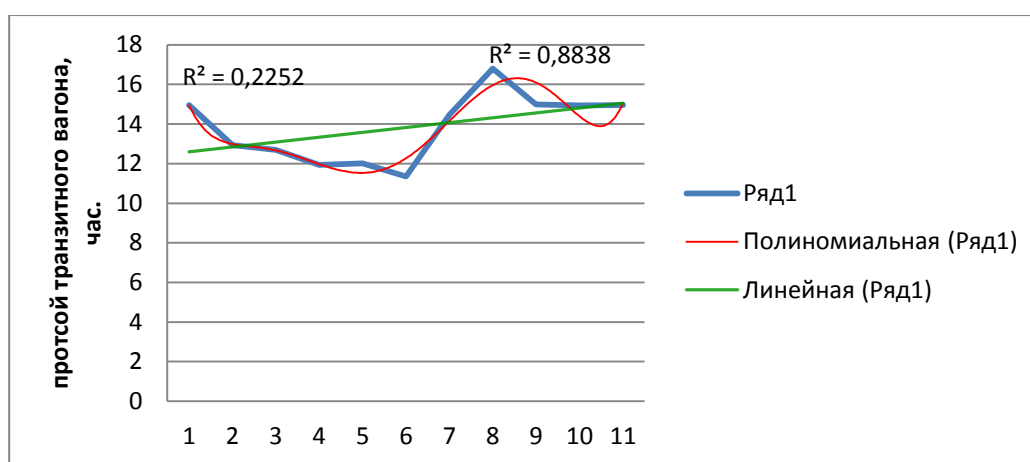


Рисунок 3.2 — Линии тренда простоя транзитного вагона

Описание показателей времени местного простоя вагонов линейным уравнением также показало восходящую линию. При этом коэффициент

достоверности аппроксимации выше, чем в первом случае ( $R^2=0,7011$ , рисунок 3.3), это говорит о более закономерном изменении показателей простоя. Несмотря на это, скорость возрастания временного ряда крайне высока. Стремительное увеличение простоя местного вагона является негативной тенденцией, что связано с установлением некачественных нормативов и недостатками в работе различных служб.

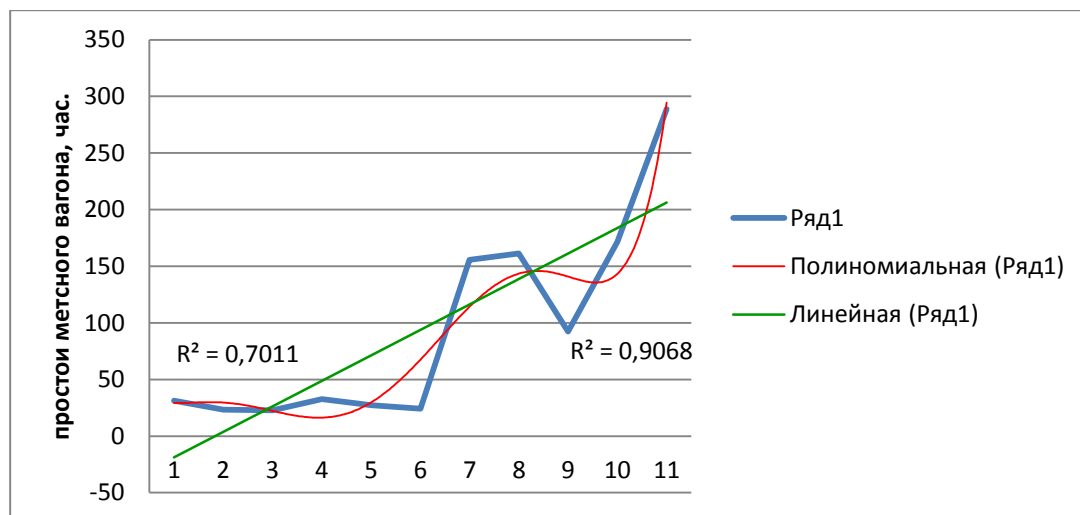


Рисунок 3.3 — Линии тренда простоя местного вагона

Исследование линий тренда времени нахождения вагонов на станциях под грузовыми или техническими операциями (а именно на 20,77%, восходящая линия тренда простоя местного и транзитного вагона) установило возрастание риска нарушения срока доставки грузов.

Риски, связанные с информационным обеспечением смежных подразделений ОАО «РЖД», отражаются в несовершенстве используемых информационных систем. Данные риски имеют большое значение и включают следующие факторы:

- отсутствие принципа системного подхода в работе;
- локальность;
- преобладание информационно-справочных функций, а не управляюще-информационных;

- информационная поддержка, как правило, осуществляется для решения только оперативных (тактических) задач;
- практически отсутствуют информационные системы поддержки решения оптимизационных логистических задач;
- отсутствуют интегрированные логистические центры, обеспечивающие комплексное решение стратегических, тактических и оперативных задач с точки зрения оптимизации не только процесса товаро-(грузо-)движения, но и развития логистической, прежде всего, терминальной инфраструктуры;
- отсутствуют экспертные (автоматизированные) системы принятия оптимальных управленческих решений, использующие возможности интеллектуальных баз (систем) знаний.

### **3.2 Систематизация логистических рисков**

Исследуя логистические риски, можно сформулировать важнейшие три группы рисков, которые несут в себе структурные основные подразделения компании ОАО «РЖД»:

- риск превышения нормы простоя вагонов под грузовыми операциями;
- риск нарушения сроков доставки грузов;
- риски, связанные с несовершенством корпоративных информационных систем (сбой информационного обеспечения).

Анализ факторов, влияющих на простои вагона, был произведен по методу Парето (ABC-анализ). Разработка и реализация мероприятий по сокращению времени задержки составов в связи с выполнением операций группы «А» принесет наибольший вес в общее сокращение времени простоя и повысит вероятность выполнения допустимых (плановых) показателей простоя.

Сокращение времени операций «В» позволит в достаточной степени оптимизировать операционную работу на станции. Последняя категория «С» включает наименьшие показатели простоя, сокращение времени осуществления этих операций меньше всего скажется на общем показателе простоя.

Вероятность возникновения каждой группы рисков можно определить по доле вклада факторов, влияющих на данный уровень риска. По общему правилу вероятность рисков группы «А» равна 0,8; группы «Б» – 0,15, группы «С» – 0,05. Исходя из этого, можно вычислить среднюю вероятность влияния каждой группы факторов:

$$\bar{P} = \frac{P}{n}, \quad (3.1)$$

где  $P$  – вероятность возникновения рисков для данной категории (А, В или С);

$n$  – количество факторов, входящих в данную категорию (А, В или С).

Таким образом, средняя частота влияния факторов группы «А» равна 0,13 (так как  $0,8/6=0,13$ ); средняя частота влияния факторов группы «В» равна 0,04 (так как  $0,15/4=0,04$ ); средняя частота влияния факторов группы «С» равна 0,01 (так как  $0,05/7=0,01$ ).

Из рассмотренных схем работы и взаимодействия структурных подразделений необходимо логически сопоставить конкретные отделения компании ОАО «РЖД» и риски, которые они несут в себе. Центр управления перевозками, обеспечивающий управление поездной и грузовой работой, несет в себе риски превышения норм простоя вагонов.

Территориальный центр фирменного транспортного обслуживания, непосредственно работающий с клиентами и оказывающий базовые услуги перевозки, большие потери несет в связи с невыполнением условий договора по сроку доставки грузов, в связи с чем, теряет самих клиентов и, соответственно,



прибыль. В свою очередь, нарушение сроков доставки является следствием сверхнормативного простаивания составов.

Сбои в работе информационных систем вызваны неудовлетворительной работой Главного вычислительного центра и его филиалов. В соответствии с этим, риск сбоя работы программного обеспечения характерен в работе ИВЦ.

### **3.3 Построение семантической модели рисков на железнодорожном транспорте**

На этапе формализации базы знаний предмета исследования данной работы применяется семантическая модель представления знаний. Задачами построения модели исследуемой сферы рисков на железнодорожном транспорте являются:

- структурирование вербальных знаний об основных рисках;
- выявление риска;
- оценка рисков;
- улучшение качества решений, принимаемых пользователем;
- автоматизация рутинных аспектов работы пользователя;
- возможность получения данных для прогнозирования рисков.

При этом целью представления данных знаний является упрощение процесса определения возможного уровня логистических рисков различных структур компании ОАО «РЖД».

Источниками риска, в формируемой модели, являются структурные подразделения компании ОАО «РЖД» (ЦУП – центр управления перевозками, ДЦУП – дорожный центр управления перевозками, ЦУМР – центр управления местной работой; ТЦФТО – территориальный центр фирменного транспортного обслуживания, АФТО – агентства фирменного транспортного обслуживания; ГВЦ – главный вычислительный центр, ИВЦ – информационно-

вычислительный центр дороги); категории рисков (риски категории «А» имеют наиболее значительный вес, риски категории «В» – средний вес, риски категории «С» – незначительный).

Уровни рисков как состояния предметной области в семантической сети делятся на следующие категории:

- значительные (вероятность приблизительно равна 0,13);
- среднего значения (вероятность приблизительно равна 0,04);
- незначительные (вероятность приблизительно равна 0,01).

Информативное значение установленных параметров (видов и уровней рисков) может иметь как количественное, так и качественное выражение. Об этом говорит рассчитанное среднее значение вероятности каждого вида риска, конкретные описания рисков, а также отношение каждого риска к определенному структурному подразделению компании ОАО «РЖД».

Построение модели предметной области при концептуальном анализе завершается процессом определения семантических отношений между выделенными понятиями. Установить семантические отношения – это значит определить специфику взаимосвязи, полученной в результате применения тех или иных методов.

Рассматривая связь между указанными понятиями, можно выявить основные типы отношений, которые будут использоваться в построении семантической сети. Применительно к данной сфере исследования к таким отношениям можно отнести иерархию, причинно-следственные связи, часть-целое, качественные характеристики, оценка и другие. В соответствии с этим в процессе построения модели предметной области будет использоваться структурный подход, осуществляемый путем выделения элементов предметной области, их взаимосвязей и семантических отношений. Формализация предметной области логистических рисков включает в себе способ семантической сети представления знаний, а также аналитическую модель в качестве способа манипулирования этими знаниями.

С учетом особенностей логистических рисков на железнодорожном транспорте, отраженных в описании, анализе и исследовании предметной области данной работы, впервые была определена классификация категории логистических рисков, на основе чего формализована база знаний в виде семантической сети «Основные логистические риски ОАО «РЖД» (рисунок 3.4).

По результатам проведенной работы, описанной в третьей главе, можно сделать следующие заключения:

- в соответствии со структурным подходом были выстроены различные связи и отношения между основными понятиями исследуемой предметной области (структурные подразделения компании ОАО «РЖД», группы рисков и факторы, влияющие на данные риски); наиболее характерными видами взаимосвязи между объектами исследования стали причинно-следственные, иерархические и оценочные отношения;

- построенная семантическая модель знаний структуры логистических рисков на железнодорожном предприятии в дальнейшем позволит сформулировать технологические требования к информационной системе, предназначенной для упрощенного определения и выявления рисков, их оценке и определения центров ответственности за риски;

- анализ факторов, влияющих на возникновение различных потерь в области железнодорожных перевозок, привел к определению определенных групп рисков (риск превышение нормы простоя вагонов под грузовыми операциями; риск нарушения сроков доставки грузов; риски, связанные с несовершенством корпоративных информационных систем (сбой информационного обеспечения));

- по итогам структурирования логистических рисков была выявлена важная категория логистических рисков, связанная с нарушением сроков доставки грузов; разработка математических моделей, описанная в следующей главе, была направлена на оптимизацию именно этого риска с целью сокращения сверхнормативного простоя вагонов на станции.

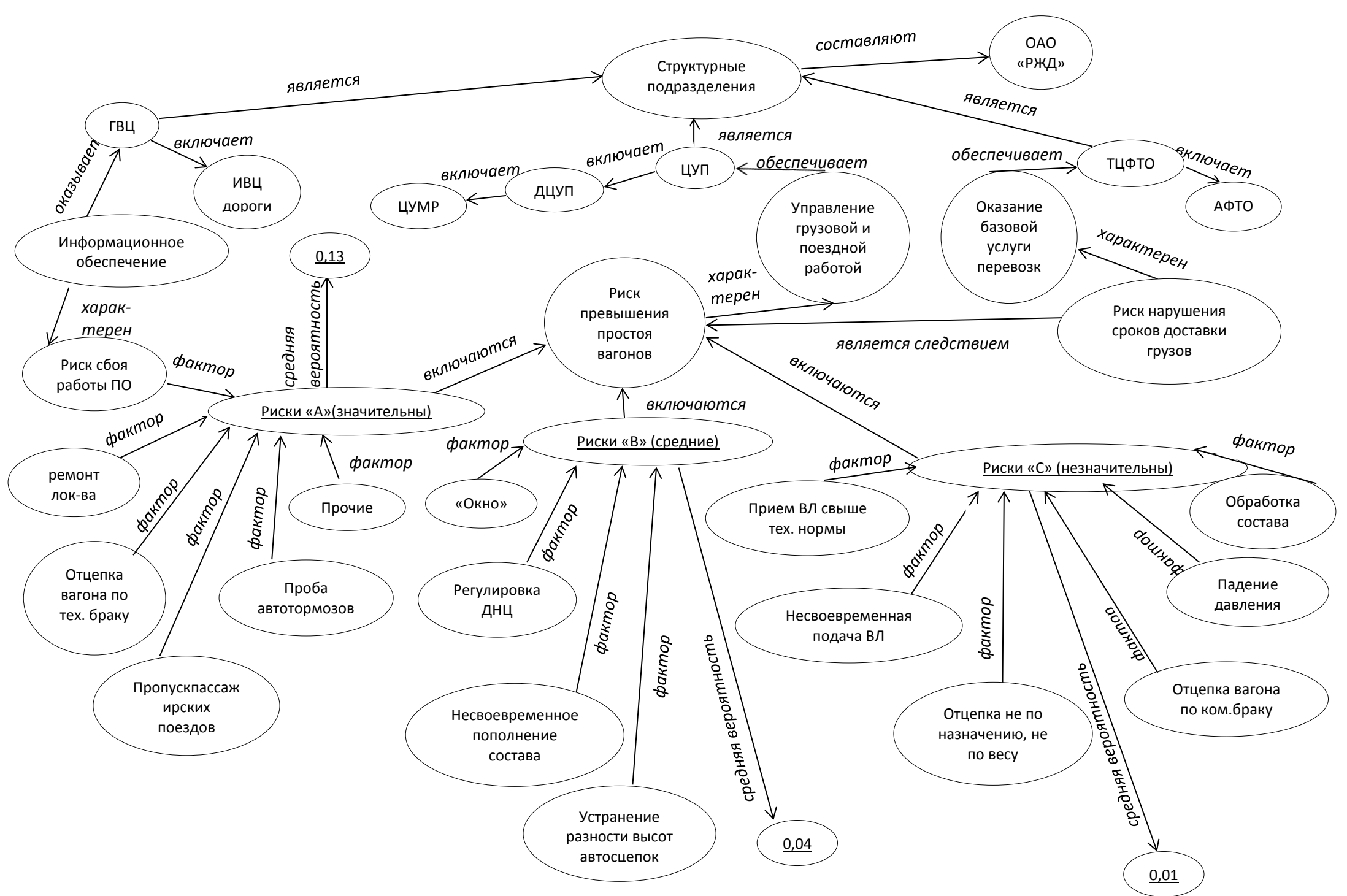


Рисунок 3.4 – Семантическая сеть «Основные логистические риски на ж.д. транспорте»

## 4 Разработка математической модели оптимизации риска нарушения сроков доставки грузов

### 4.1 Оптимизация рисков сверхнормативного простоя на основе имитационного моделирования Монте-Карло

С помощью метода имитационного моделирования Монте-Карло можно оптимизировать значения простоя вагона на станции. Имитационное моделирование использует в своей оценке риска современные системы ЭВМ. Методом имитационного моделирования строится математическая модель сложных систем реального мира. Данный метод считается одним из самых мощных методов анализа угроз и рисков какой-либо системы.

В данной методике анализируются статистические данные сверхнормативного простоя транзитных вагонов под грузовыми операциями с целью нивелирования риска нарушения сроков доставки грузов. Данные сверхнормативного простоя получены разницей между фактическим и плановым простоем вагонов за 2014, 2015, 2016 гг. Простои включают в себя время на выполнение следующих операций — ожидание обработки, обработка, ожидание локомотива, ожидание отправления, ожидание расформирования, расформирование, накопление, формирование, перестановка и др. (таблица 4.1).

Таблица 4.1 — Значения простоя вагона за 2014, 2015, 2016 гг.

Показатели простоя, час		Абсолютное отклонение от плана, час	Показатели простоя, час		Абсолютное отклонение от плана, час
План	Факт		План, час	Факт, час	
1	2	3	4	5	6
0,18	0,13	-0,05	0,7	0,61	-0,09
0,78	0,12	-0,66	5,73	5,24	-0,49
0,54	0,84	0,3	0,4	0,35	-0,05
0,58	1,63	1,05	0,54	0,51	-0,03
0,19	0,42	0,23	0,33	0,42	0,09

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
0,5	0,36	-0,14	0,8	0,77	-0,03
1,01	1,52	0,51	0,58	2,02	1,44
0,7	0,59	-0,11	0,71	0,56	-0,15
6,44	4,87	-1,57	0,26	0,14	-0,12
0,41	0,33	-0,08	0,53	0,07	-0,46
0,51	0,67	0,16	0,54	1,15	0,61
0,17	0,61	0,44	0,88	1,83	0,95
0,8	0,71	-0,09	0,28	0,39	0,11
0,48	2,46	1,98	0,5	0,1	-0,4
0,5	0,72	0,22	1	1,18	0,18
0,3	0,23	-0,07	0,7	0,68	-0,02
0,43	0,18	-0,25	5,58	4,3	-1,28
0,61	0,55	-0,06	0,4	0,17	-0,23
0,95	1,24	0,29	0,47	0,53	0,06
0,33	0,46	0,13	0,28	0,64	0,36
0,5	0,37	-0,13	0,8	0,38	-0,42
1,07	1,35	0,28	0,46	2,37	1,91

Из данной таблицы необходимо выбрать значения абсолютного отклонения, превышающие факт над планом для дальнейшего анализа, и выразить в минутах для удобства расчетов. В программе Excel после сортировки данных от наименьшего значения к большему произведено вычисление математического ожидания (выборочное среднее) случайной величины, затем рассчитано среднее значение с помощью функции «СРЗНАЧ» для данных выборки и среднее квадратичное отклонение с помощью функции «ДИСП». Также определено максимальное, минимальное значения выборки и цифру простоя для десяти интервалов. В таблице 4.2 представлены исследуемые показатели сверхнормативного простоя.

Таблица 4.2 — Значения сверхнормативного простоя вагонов

Простои сверх нормы, час.	Простои сверх нормы, мин
1	2
0,06	3,6
0,09	5,4
0,11	6,6
0,13	7,8
0,16	9,6
0,18	10,8
0,22	13,2
0,23	13,8
0,28	16,8
0,29	17,4
0,3	18
0,36	21,6
0,42	25,2
0,44	26,4
0,51	30,6
0,61	36,6
0,95	57
1,05	63
1,44	86,4
1,91	114,6
1,98	118,8
Сумма	703,2
Среднее значение	33,49
Дисперсия	1204,29
Среднее квадратичное отклонение	34,70
Максимальное значение	118,8
Минимальное значение	3,6
Интервал	11,52

В данном исследовании интервалы между максимальным и минимальным значениями простоя разбиваются на 10 частей, и определяется

число попаданий случайной величины в данные интервалы. Затем находятся эмпирические и теоретические частоты попадания случайной величины. Эмпирическая вероятность – это отношение числа попаданий в определенный интервал к общей сумме чисел, а теоретическая вероятность определяется с помощью функции генерации экспоненциально распределенных случайных величин по формуле:

$$P_{\text{теор}} = P(x_i < X < x_{i+1}) = e^{-\lambda x_i} - e^{-\lambda x_{i+1}}, \quad (4.1)$$

где  $X$  – значение интервала, мин;

$\lambda$  – величина оценки параметра  $X$ .

Значение «лямбда» является величиной обратной выборочной средней ( $\lambda = 1/33,49$ ).

Сопоставление эмпирических и теоретических частот производится по следующей формуле:

$$\sigma = (P_{i \text{ эмп}} - P_{i \text{ теор}})^2 / P_{i \text{ теор}}, \quad (4.2)$$

где  $\sigma$  – отклонение частот;

$P_{i \text{ эмп}}$  – эмпирическая вероятность;

$P_{i \text{ теор}}$  – теоретическая вероятность.

Таблица 4.3 — Расчетная таблица

№	Интервал		Количество попаданий в интервал	Эмпирическая вероятность	Теоретическая вероятность	Теоретические частоты
1	2	3	4	5	6	7
1	3,6	15,12	8	0,380952	0,261652	5,494702
2	15,12	26,64	6	0,285714	0,18541	3,89361
3	26,64	38,16	2	0,095238	0,131384	2,759057
4	38,16	49,68	0	0	0,0931	1,9551



Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4	5	6	7
5	49,68	61,2	1	0,047619	0,065972	1,385406
6	61,2	72,72	1	0,047619	0,046748	0,981715
7	72,72	84,24	0	0	0,033126	0,695654
8	84,24	95,76	1	0,047619	0,023474	0,492949
9	95,76	107,28	0	0	0,023474	0,349309
10	107,28	118,8	2	0,095238	0,011787	0,247525
Сумма:			21	-		

Малочисленные частоты необходимо объединить (0,033126; 0,023474; 0,023474; 0,011787). В итоге получается семь интервалов, эмпирические и теоретические частоты которых проверяются на закон показательного (экспоненциального) распределения. В соответствии с этим необходимо определить критические значения в статистике Пирсона (разница между эмпирическим и теоретическим распределениями): при уровне значимости 0,05 и степени свободы равной восьми (т. к.  $10 - 1 - 1 = 8$ ) значение наблюдений ( $K_{\text{набл}}$ ) должно быть не больше 12,83250 ( $K_{\text{кр}}$ ) для подтверждения гипотезы (критическая область  $[12,83250; +\infty]$ ). Результаты расчетов представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Расчетная таблица

№ интервала	Количество попаданий в интервал, n	Теоретическая частота	Разница n и теоретической частоты	Отклонение (статистика Пирсона)
1	8	5,494702	2,505298	1,142284899
2	6	3,89361	2,10639	1,139528706
3	2	2,759057	-0,75906	0,208827637
4	0	1,9551	-1,9551	1,955099598
5	1	1,385406	-0,38541	0,107216156
6	1	0,981715	0,018285	0,000340575
7	3	1,785437	1,214563	0,826219566
Сумма:	-	-	-	5,379517137

Наблюдаемое значение статистики Пирсона не попадает в критическую область: количество наблюдений (5,38) меньше критического значения (12,83250), поэтому нет оснований отвергать основную гипотезу. Справедливо предположение о том, что данные выборки имеют показательный закон. Диаграмма эмпирических частот представлена на рисунке 4.1.

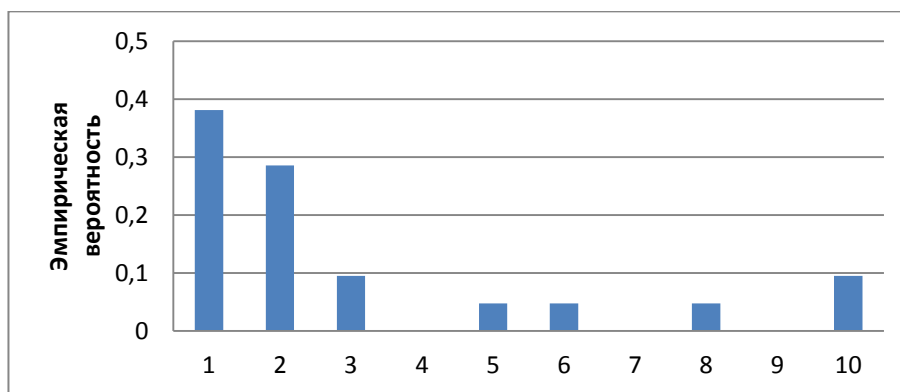


Рисунок 4.1– Диаграмма эмпирических частот

График эмпирической и теоретической вероятности попадания частот изображен на рисунке 4.2.

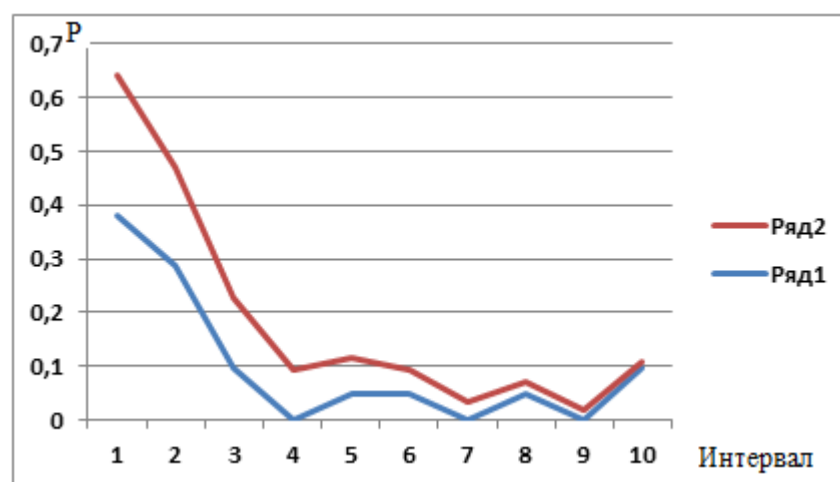


Рисунок 4.2 – График эмпирической (ряд 1) и теоретической (ряд 2) вероятностей

Таким образом, в рамках данной теории можно сделать предложения по снижению затрат на время простоя. Если принять среднее значение простоя

сверх нормы за допустимое значение (поскольку доказана большая частота простоя в этом промежутке), то целесообразно установить штрафные санкции рабочим, ответственным за выполнение определенных операций в рамках переработки транзитных вагонов, превышающим данное среднее время простоя сверх нормы. Данное предложение должно стимулировать персонал более своевременно выполнять операции, а в случае превышения среднего значения денежно компенсировать затраты от простоя.

На исследуемом примере можно рассмотреть применение данного предложения и определить возможный эффект. Из расчетов можно определить условия рассматриваемого предложения: среднее значение простоя сверх нормы равно 33,49 мин, превышение данной цифры не является нормой и влечет за собой денежные взыскания с работников выполняющих соответственные операции. Размер штрафа за простой можно определить в размере 0,2 суммы минимальной оплаты труда за каждый час задержки согласно статье 100 Устава железнодорожного транспорта. Таким образом, приняв размер минимальной оплаты труда равной 5965 руб. в соответствии со статьей 1 Федерального Закона от 01.12.2014 №408-ФЗ, штраф составит 1193 руб./час (19,883 руб./мин).

Из имеющихся статистических данных найдем нарушения, т. е. превышение допустимого среднего значения простоя, таблица 4.5.

Таблица 4.5 — Превышение допустимого уровня простоя вагона

Простои вагона сверх нормы, мин.	Превышение среднего значения простоя, мин	Размер штрафа, руб.
1	2	3
3,6	-	-
5,4	-	-
6,6	-	-
7,8	-	-
9,6	-	-
10,8	-	-
13,2	-	-

Продолжение таблицы 4.5

1	2	3
13,8	-	-
16,8	-	-
17,4	-	-
18	-	-
21,6	-	-
25,2	-	-
26,4	-	-
30,6	-	-
36,6	3,11	61,83613
57	23,51	467,4493
63	29,51	586,7473
86,4	52,91	1052,01
114,6	81,11	1612,71
118,8	85,31	1696,219
Итого:	275,49	5477,568

Из таблицы 4.5 определяем вероятность допустимого уровня времени простоя, который включает первый, второй и половину третьего интервала. Частота данной эмпирической вероятности равна примерно 70% ( $0,380952+0,285714+0,095238/2=0,714285$ ) и отражает вероятность отсутствия превышения простоя вагонов (более чем на 33,49 мин). Соответственно, вероятность превышения среднего уровня простоя равна 0,285715 ( $\approx 0,3$ ). Также из представленной имитационной модели можно теоретически определить вероятность количества нарушений, сумма данной частоты охватывает с четвертого по десятый интервал и равна 0,297681, то есть 30% ( $0,0931+0,065972+0,046748+0,033126+0,023474+0,02347+0,01179$ ).

Таким образом, данная модель показала, что стимулирование работников к более оперативной работе посредством установления нормативных показателей и ужесточения условий выполнения нормативов способно, в данном случае, до 30% снизить сверхнормативный простой от

общего значения ненормативного времени пребывания вагонов под грузовыми операциями (до 275,49 минут/ваг.), либо возместить затраты в сумме до 5477,568 руб. /ваг., исходя из эмпирических данных.

В отношении к общему фактическому вагонообороту транзитных поездов можно вычислить максимально возможную экономию времени или затрат на простои за 2014, 2015, 2016 гг. Результаты приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 — Расчет сокращения времени и затрат простоя вагонов

Год	Вагонооборот поездов, ваг.	Сокращение времени сверх простоя		Денежная компенсация, руб.
		мин	час.	
2017	4668	1285987,32	21433,122	25569285,88
2018	4550	1253479,5	20891,325	24922932,9
2019	4658	1283232,42	21387,207	25514510,21
Сумма:		3822699,24	63711,654	76006728,99

Исходя из расчетов видно, что за три года сверхнормативные простои можно было снизить на 63711,654 часа, когда они составляли 162626,72 часа; либо в случае не реализации, т.е. нарушения данного плана возместить затраты простоя за счет штрафных взносов работников в размере до 76,007 млн. руб. за расчетный период 2014, 2015, 2016 гг.

С учетом возможности наступления определенного значения простоя, рассчитанных ранее, на основе эмпирических данных вероятность сокращения времени простоя показывает снижение времени простоя на 18203,38 часов ( $63711,654 \cdot 0,285715 = 18203,38$  час.), теоретически возможно снижение данного времени на 18214,78 часов ( $63711,654 \cdot 0,571788 = 18214,78$  час.).

Исследуемые статистические значения являются частными показателями простоя лишь транзитных вагонов, имитация данной модели в более масштабных параметрах организации с помощью информационной системы даст возможность продемонстрировать весомую оптимизацию

организации выполнения операций и сокращение издержек на эксплуатацию подвижного состава и других транспортных средств.

#### **4.2 Построение модели обслуживания вагонопотоков методом теории систем массового обслуживания**

Особо важную роль в обеспечении ритмичности работы транспорта и выполнении своевременной доставки грузов играют сортировочные станции. Однако в последнее время в связи с увеличением объемов перевозок сортировочные станции сдерживают движение поездопотока, в следствие чего на них возрос простой вагонов. С целью оптимизации процесса обслуживания поездов и сокращения простоя на железнодорожном узле в работе было произведено моделирование исследуемых операций на станции методом теории массового обслуживания.

Теория массового обслуживания является важным разделом системного анализа (основывается на теории вероятностей и математической статистке) и применяется в исследовании каких-либо операций. Совокупность однотипных обслуживающих устройств называется системой массового обслуживания. Основной задачей теории СМО является изучение режима функционирования обслуживающей системы и исследование явлений, возникающих в процессе обслуживания. Так, одной из характеристик обслуживающей системы является время пребывания требования в очереди (в данном случае простой в ожидании операций). Очевидно, что это время можно сократить за счет увеличения количества обслуживающих устройств. Однако каждое дополнительное устройство требует определенных материальных затрат, при этом увеличивается время бездействия обслуживающего устройства из-за отсутствия требований на обслуживание, что также является негативным явлением. Следовательно, в теории СМО возникают задачи оптимизации: каким образом

достичь определенного уровня обслуживания (максимального сокращения очереди или потерь требований) при минимальных затратах, связанных с простоем обслуживающих устройств.

Для учета неравномерностей станционных процессов и выбора оптимальной технологии обработки составов был исследован железнодорожный транспортный узел участка станции Лиски. Технология работы данного железнодорожного узла представлена на рисунке 4.3 в виде последовательной сети массового обслуживания.

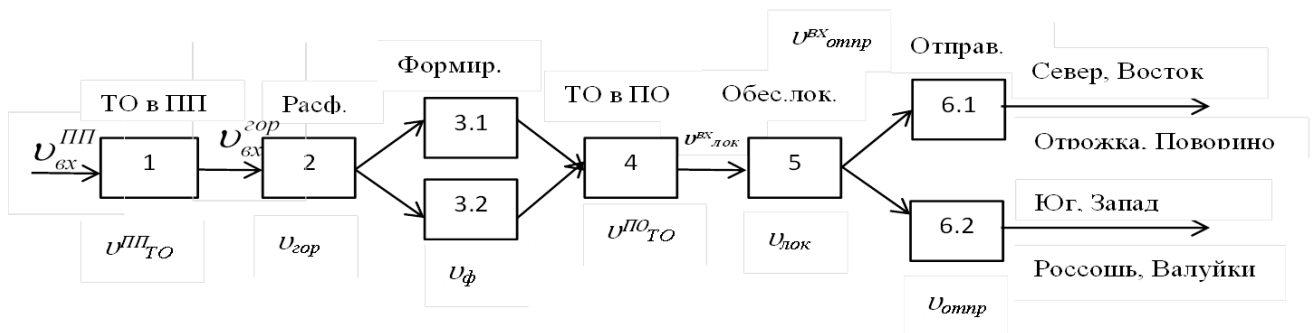


Рисунок 4.3. – Технологический процесс работы узла в виде СМО

Минимальное ( $I_{\min}$ ) и максимальное ( $I_{\max}$ ) значение интервалов времени обработки составов равно 2 мин и 118 мин соответственно:

$$I_{\min} = 2 \text{ мин}, I_{\max} = 118 \text{ мин.}$$

Величина разряда определяется по формуле:

$$\Delta I = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{1 + 3,2 \lg n}; \quad (4.3)$$

где  $n$  – число наблюдений,  $n=100$ .

$$\Delta I = \frac{118 - 2}{1 + 3,2 \lg 100} = 16.$$

Число разрядов определяется по формуле:

$$k = \frac{I_{\max}}{\Delta I}; \quad (4.4)$$

$$k = \frac{118}{16} = 7.$$

Определяются границы каждого интервала (к  $I_{\min}$  последовательно прибавлять  $\Delta I$ ). Конец предыдущего интервала является для последующего началом. В таблице 4.7 сведены полученные данные.

Таблица 4.7 – Статистический ряд интервалов

п/п	$\Delta I$	Число наблюдений, $m_i$	Среднее значение, $I_{cp}$	Доля интервалов от общего числа, $P_i$	Математическое ожидание, $M(I)$	Дисперс. $D(I)$
1	2	3	4	5	6	7
1	2-18	83	10	0,43	4,3	105,18
2	19-35	31	27	0,31	8,37	0,57
3	36-52	22	44	0,22	9,68	74,16
4	53-69	2	61	0,02	1,22	25,01
5	70-86	0	78	0	0	0
6	87-103	1	95	0,01	0,95	48,11
7	104-120	1	112	0,01	1,12	74,58
Итого	-	100	-	1	25,64	327,61

Подсчитывается число интервалов  $n_i$ , попадающих в каждый разряд. В каждом разряде должно быть не менее трех наблюдений.

Далее определяется частность попадания анализируемой величины в каждом разряде и заносится в графу 5.

$$P_i = \frac{m_i}{n}, \quad (4.5)$$

И определяется среднее значение (математическое ожидание) случайной величины, как сумма значений в графу 6.



$$M(I_i) = \sum I_i^{cp} \cdot P_i \quad (4.6)$$

Определяется дисперсия случайной величины по формуле:

$$D(I_i) = (I_{cp} - M)^2 \cdot P_i \quad (4.7)$$

Рассчитывается квадратическое отклонение по формуле:

$$\sigma = \sqrt{D} = \sqrt{327,61} = 18,1$$

Определяется коэффициент вариации по формуле:

$$\nu = \frac{\sqrt{D}}{\sum I (I)} = \frac{18,1}{25,64} = 0,71 \quad (4.8)$$

Коэффициент вариации  $\nu = 0,71 < 1$ . Это указывает на неравномерность процесса формирования поездов.

Таблица 4.8 – Коэффициенты вариации для каждой системы

Система	$\nu_{вх}$	$\nu_{обс}$	Загрузка системы, $\psi$	$t_{обс}$	Число поездов в очереди, $n_{оч}$	$t_{ож}^{обс}$
ТО в ПП	0,8	0,71	0,57	0,57	0,50	0,50
Расформирование	0,78	0,40	0,73	0,73	0,64	0,64
Формирование	0,66	0,80	0,49	0,37	0,21	0,16
ТО в ПО	1	0,50	0,96	0,96	0,42	0,07
Обеспечение локомотивом	0,77	0,50	0,81	0,72	0,83	0,46
Отправление	0,67	0,90	-	-	-	0,08

Далее необходимо выбрать технологию обработки составов бригадами парка технического обслуживания (ПТО). Загрузка бригад должна соответствовать условию:

$$\psi_{\bar{p}} = \frac{N_p \cdot t_{обс}}{24 \cdot S_{\bar{p}}} < 1; \quad (4.9)$$

Отсюда  $S_{\bar{p}}$  должно быть

$$S_{\bar{p}} > \frac{N_p \cdot t_{обс}}{24}; \quad (4.10)$$

$$t_{обс}^{III} = \frac{\tau \cdot m_p}{\kappa_{cp}} + a, \quad (4.11)$$

где  $\tau = 0,02$  – время на осмотр одного вагона;

$a = 0,1$  – время на начально-конечные операции при осмотре.

Пусть  $\kappa_{cp} = 2$ , тогда

$$t_{обс}^{III} = \frac{0,02 \cdot 71}{2} + 0,1 = 0,81; S_{\bar{p}} \geq \frac{24 \cdot 0,81}{24} = 0,81. S_{\bar{p}} = 1, 2, 3 \dots n.$$

Если  $S_{\bar{p}} = 1$ , то  $\psi_{\bar{p}} = \frac{24 \cdot 0,81}{1 \cdot 24} = 0,81$ ;

Если  $S_{\bar{p}} = 2$ , то  $\psi_{\bar{p}} = \frac{24 \cdot 0,81}{2 \cdot 24} = 0,41$ ;

Пусть  $S_{\bar{p}} = 3$ , тогда

$$t_{обс}^{III} = \frac{0,02 \cdot 71}{3} + 0,1 = 0,57; S_{\bar{p}} > \frac{24 \cdot 0,57}{24} = 0,57. S_{\bar{p}} = 1, 2, 3 \dots n$$

Т.к. во втором варианте загрузка бригады слишком мала, в дальнейшем её не рассматриваем. Зная загрузку бригады, определяется длина очереди. По

первому варианту система одноканальная, так как  $\psi > 0,7$ ,  $n_{оч}$  рассчитывается по формуле:

$$n_{оч} = (1,16\nu_{вх}^2 + 0,81\nu_{обсл}^2 - 0,35 + \varepsilon) + (2,58\nu_{вх}^2 + 3,23\nu_{обсл}^2 + 0,75)(\psi - 0,7) \quad (4.12)$$

Так как  $\nu_{вх} = 0,8$ , то  $\varepsilon = 0,06$  (дополнительная величина, зависящая от значения  $\nu_{вх}$  в систему).

$$n_{оч} = (1,16 \cdot 0,8^2 + 0,81 \cdot 0,71^2 - 0,35 + 0,06) + (2,58 \cdot 0,8^2 + 3,23 \cdot 0,71^2 + 0,75)(0,81 - 0,7).$$

По второму варианту система одноканальная, так как  $\psi < 0,7$ , длина очереди определяется по формуле:

$$n_{оч} = \frac{\psi(1 + \nu_{обс}^2) + \nu_{вх}^2 - 1}{2\left(\frac{1}{\psi} - 1\right)} + \varepsilon; \quad (4.13)$$

$$n_{оч}^p = \frac{0,57 \cdot (1 + 0,71^2) + 0,8 - 1}{2 \cdot \left(\frac{1}{0,57} - 1\right)} + 0,06 = 0,50.$$

На основании  $n_{оч}$  определяется  $t_{ож}$  в парке приема по формуле:

$$t_{ож} = \frac{n_{оч}}{\lambda}, \quad (4.14)$$

где  $\lambda = N_p / 24 = 1$  – интенсивность обработки составов.

Для первого варианта  $t_{ож} = \frac{1,3}{1} = 1,3$  ч.;

Для второго варианта  $t_{ож} = \frac{0,50}{1} = 0,50$  ч.

Для расчета затрат, связанных с нахождением вагонов в парке приема, необходимо определить  $t_{ож}^p$ :

$$t_{ож}^p = \frac{n_{оч}^p}{\lambda} \quad (4.15)$$

Для этого загрузка системы расформирования определяется следующим образом:

$$\psi_p = \frac{N_p \cdot t^e}{24}, \quad (4.16)$$

где  $t^e$  – общее время на роспуск составов.

$$\psi_p = \frac{24 \cdot 0,73}{24} = 0,73.$$

Коэффициент вариации  $\nu_{ex}$  по первому варианту составит:

$$\nu_{ex}^p = \nu_{ex}^{III} - \frac{1}{2}(\nu_{ex}^{III} - \nu_{обс}^{III}) \cdot \varphi_{TO}^{2\nu_{ex}^{III}} \quad (4.17)$$

$$\nu_{ex}^p = 0,8 - \frac{1}{2} \cdot (0,8 - 0,71) \cdot 0,81^{2 \cdot 0,8} = 0,77$$

Коэффициент вариации  $\nu_{ex}$  по второму варианту составит:

$$\nu_{ex}^p = \nu_{ex}^{III} - \frac{1}{2}(\nu_{ex}^{III} - \nu_{обс}^{III}) \cdot \varphi_{TO}^{2\nu_{ex}^{III}} \quad (4.18)$$

$$\nu_{ex}^p = 0,8 - \frac{1}{2} \cdot (0,8 - 0,71) \cdot 0,57^{2 \cdot 0,8} = 0,78$$

Так как для первого варианта  $\nu_{\text{ex}}^p = 0,77$ , то  $\varepsilon = 0,07$ , а для второго варианта  $\nu_{\text{ex}}^p = 0,77$ , то  $\varepsilon = 0,06$ .

Система одноканальная,  $\psi > 0,7$ . Число поездов в ожидании расформирования определяется по формуле:

Для первого варианта:

$$n_{\text{оч}} = (1,16 \cdot 0,77^2 + 0,81 \cdot 0,4^2 - 0,35 + 0,07) + (2,58 \cdot 0,77^2 + 3,23 \cdot 0,4^2 + 0,75)(0,73 - 0,7) = 0,62.$$

$$t_{\text{ож}}^p = \frac{0,62}{1} = 0,62 \text{ ч.}$$

Для второго варианта:

$$n_{\text{оч}} = (1,16 \cdot 0,78^2 + 0,81 \cdot 0,4^2 - 0,35 + 0,07) + (2,58 \cdot 0,78^2 + 3,23 \cdot 0,4^2 + 0,75)(0,73 - 0,7) = 0,64.$$

$$t_{\text{ож}}^p = \frac{0,64}{1} = 0,64 \text{ ч.}$$

На основании выполненных расчетов определяется для каждого варианта затраты на нахождение вагонов в парке приема.

1) Затраты на простой вагонов в парке приема.

$$E_{\text{ер}}^{\text{III}} = 30 \cdot N_p \cdot m_p \cdot C_{\text{в-ч}} (t_{\text{ож}}^{\text{TO}} + t_{\text{обс}}^{\text{TO}} + t_{\text{ож}}^p), \quad (4.19)$$

где  $C_{\text{в-ч}}$  – стоимость одного вагоно-часа, ( $C_{\text{в-ч}} = 6,3 \text{ руб.}$ ).

Для первого варианта  $E_{\text{ер}}^{\text{III}} = 30 \cdot 24 \cdot 71 \cdot 6,3 \cdot (0,81 + 1,3 + 0,62) = 879212,88$  руб.;

Для второго варианта  $E_{\text{ер}}^{\text{III}} = 130 \cdot 24 \cdot 71 \cdot 6,3 \cdot (0,57 + 0,50 + 0,64) = 550715,76$  руб.

2) Оплата труда бригады ПТО.

$$E_{\text{бр}} = 4,5 \cdot S_{\text{бр}} \cdot \kappa_{\text{зр}} \cdot C_{\text{мес}}^{\text{III}} \quad (4.20)$$

Для первого варианта  $E_{бр} = 4,5 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 15000 = 135000$  руб.;

Для второго варианта  $E_{бр} = 4,5 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 15000 = 202500$  руб..

Результаты выполненных расчетов приведены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Возможные варианты обработки составов бригадой ПТО.

№	Число групп $K_{гр}$	Число бриг. $S_{бр}$	Длит. обсл. в ПО $t_{обсл}^{ПО}$	Загрузка бригады, $\psi_{бр}$	Длина очереди, $n_{оч}^{ПП}$ $i_{i\dot{z}}$	$t_{ож}^{обр}$ час	$v_{вх}^P$	$t_{ож}^P$ , час	Затраты, $E_{вр}^{ПО}$	Затраты, $E_{ПТО}^{ПО}$	$\Sigma E$
1	2	1	0,25	0,81	1,3	1,3	0,77	0,62	135000	879213	1014213
2	3	1	0,11	0,57	0,5	0,5	0,78	0,64	202500	550716	753216

Далее нужно установить необходимое число маневровых локомотивов.

Число локомотивов устанавливается, исходя из условия:  $\psi_m < 1$ .

$$\psi_m = \frac{N_\phi \cdot t_\phi}{24 \cdot M_{лок}} < 1 \rightarrow M_{лок} = \frac{N_\phi \cdot t_\phi}{24}, \quad (4.21)$$

Тогда  $M_{лок} > \frac{32 \cdot 0,37}{24} = 0,5 \approx 1$ .

Возможны варианты  $M_{лок} = 1, 2, 3 \dots$

Рассчитывается загрузка для этих вариантов:

$$\psi_m^1 = \frac{32 \cdot 0,37}{24 \cdot 1} = 0,49;$$

$$\psi_m^2 = \frac{32 \cdot 0,37}{24 \cdot 2} = 0,25;$$

$$\psi_m^3 = \frac{32 \cdot 0,37}{24 \cdot 3} = 0,16.$$

Последний вариант не рассматривается, так как загрузка минимальна и неэффективна.

Критерий выбора – минимальные приведенные затраты:

1) Затраты, связанные со временем ожидания накопленными составами окончания формирования:

$$E_{ож}^{оф} = N_{\phi} \cdot m_{\phi} \cdot C_{в-ч} \cdot t_{ож}^{оф}, \quad (4.22)$$

где  $m_a = 71$  ваг. – среднее число вагонов в формируемых поездах.

2) Затраты, связанные с содержанием маневровых локомотивов:

$$E_{ман} = 24 \cdot M_{лок} \cdot C_{л-ч}^{ман} \quad (4.23)$$

Расчет оформляется в таблицу 4.10.

Коэффициент вариации  $v_{вх}$  равен:

$$v_{вх}^{облок} = v_{вх}^{ПО} - 0,5(v_{вх}^{ПО} - v_{обсл}^{ПО})\psi_{бр}^{ПО2v_{вх}^{ПО}} \quad (4.24)$$

$$v_{вх}^{облок} = 0,78 - \frac{1}{2} \cdot (0,78 - 0,4) \cdot 0,78^{2 \cdot 0,78} = 0,66$$

Так как система одноканальная и  $\psi < 0,7$ , то  $n_{оч}^{\phi}$  для первого варианта составит:

$$1) n_{оч} = \frac{0,49 \cdot (1 + 0,80^2) + 0,66^2 - 1}{2 \cdot (\frac{1}{0,49} - 1)} + 0,09 = 0,21;$$

$$2) n_{оч} = \frac{2^2 \cdot 0,25^3 (0,66^2 + 0,80^2) \cdot 0,6}{2 \cdot 2! (1 - 0,25)^2} - 2 \cdot 0,25 \frac{1 - 0,66^2}{2} + (2 \cdot 2 - 1) 0,09 = 0,12;$$

$$P_0 = \left( \frac{2^2 \cdot 0,25^2}{2! (1 - 0,25)} + \sum \left( \frac{2^0 \cdot 0,25^0}{0!} + \frac{2^1 \cdot 0,25^1}{1!} \right) \right)^{-1} = 0,6.$$

Продолжительность ожидания формирования:

$$\lambda = \frac{N_{\phi}}{24} = \frac{32}{24} = 1,33 \text{ поездов/сут. ;} \quad (4.25)$$

$$1) t_{\phi} = \frac{0,21}{1,33} = 0,16 \text{ ч;}$$

$$2) t_{\phi} = \frac{0,12}{1,33} = 0,09 \text{ ч.}$$

На основании этого рассчитываются данные, и выбирается вариант с меньшими затратами:

$$1) E_{ож}^{оф} = 32 \cdot 71 \cdot 6,3 \cdot 0,16 = 2290,18 \text{ руб.};$$

$$E_{ман} = 24 \cdot 1 \cdot 546,62 = 13118,9 \text{ руб.}$$

$$2) E_{ож}^{оф} = 32 \cdot 71 \cdot 6,3 \cdot 0,09 = 1288,22 \text{ руб.};$$

$$E_{ман} = 24 \cdot 2 \cdot 546,62 = 26237,8 \text{ руб.}$$

Из расчетной видно, что в данном случае необходимо выбрать первый вариант, так как суммарные приведенные затраты минимальны.

Далее необходимо выбрать число бригад в парке отправления. Число бригад устанавливается, исходя из условия:

$$\psi_{\phi p} = \frac{N_{обр} \cdot t_{обс}^{ПО}}{24 \cdot S_{\phi p}} < 1 \Rightarrow S > \frac{N_{обр} \cdot t_{обс}^{ПО}}{24} \quad (4.26)$$

Продолжительность осмотра в парке отправления рассчитывается по формуле:

$$t_{обс}^{ПО} = \frac{\tau \cdot m_{\phi}}{K_{cp}} + \alpha t_{рем} + a ; \quad (4.27)$$



где  $t_{рем} = 0,75$  ч. – длительность без отцепочного продолжительного ремонта;

$m_a = 71$  ваг. – среднее число вагонов в формируемых поездах;

$\alpha = 0,1$ ;  $\alpha = 0,2$ ;

$k_{гр}$  – количество групп в бригаде.

Рассматриваются все возможные варианты количества бригад и групп в бригаде, и рассчитывается их загрузка.

При  $k_{гр}=2$ :

$$t_{обсл} = \frac{0,02 \cdot 71}{2} + 0,2 \cdot 0,75 + 0,1 = 0,96 \text{ ч.};$$

$$S > \frac{32 \cdot 0,96}{24} = 1,28;$$

Возможными вариантами количества бригад являются:  $S_{бр} = 2, 3$ ,

Загрузка бригады при  $S_{бр}=2$  составит:

$$\psi_{бр}^1 = \frac{32 \cdot 0,96}{24 \cdot 2} = 0,64$$

При  $k_{гр}=3$ :

$$t_{обсл} = \frac{0,02 \cdot 71}{3} + 0,2 \cdot 0,75 + 0,1 = 0,72$$

$$S > \frac{32 \cdot 0,72}{24} = 0,96;$$

Загрузка бригады при  $S_{бр}=1$  составит:

$$\psi_{\bar{p}}^2 = \frac{32 \cdot 0,96}{24 \cdot 1} = 0,96$$

Критерием выбора являются минимальные приведенные затраты, включающие в себя:

- 1) Затраты на нахождение вагонов в парке:

$$E_{\bar{p}}^{ПО} = N_{от} \cdot m_{\phi} \cdot C_{в-ч} \left( t_{ож}^{ТО} + t_{обр} + t_{ож}^{\text{л}} + t_{ож}^{om} \right) \quad (4.28)$$

где  $N_{обр}$  – среднесуточное число отправленных поездов;

$t_{ож}^{обр}$ ,  $t_{обр}$  – время в ожидании обработки бригадами ПТО и в процессе обработки;

$t_{ож}^{лок}$ ,  $t_{ож}^{отп}$  – время в ожидании поездных локомотивов и в ожидании отправления.

- 2) Затраты на заработную плату штата работников ПТО:

$$E_{\bar{p}} = 4,5 \cdot S_{\bar{p}} \cdot \kappa_{зр} \cdot C_{мес}^{ПО}, \quad (4.29)$$

Для расчета продолжительности ожидания операций, выполняется следующий порядок действий:

1. Установление коэффициента вариации входящего потока в систему «ТО в парке отправления». В эту систему входит несколько потоков, поэтому расчет ведется по формуле:

$$v_{ex}^{ПО} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^d (N_{mp} + N_{c\phi})_i * v_i^2}{\sum_{i=1}^d (N_{mp} + N_{c\phi})_i}}, \quad (4.30)$$

где  $d$  – количество участков ( $d=4$ ).

Согласно справочным материалам, коэффициенты вариации интервалов между появлением поездов своего формирования и транзитных поездов, отправленных на 1 участок, принимается  $v_{ex}=1$ .

## 2. Определение длины очереди в систему «ТО в ПОП»

Длина очереди для первого варианта:

$$n_{оч} = \frac{2^2 \cdot 0,64^3 (01^2 + 0,50^2) \cdot 0,22}{2 \cdot 2! (1 - 0,64)^2} - 2 \cdot 0,64 \cdot \frac{1 - 1^2}{2} + (2 \cdot 2 - 1) \cdot 0 = 0,56;$$

$$P_0 = \left( \frac{2^2 \cdot 0,64^2}{2! (1 - 0,64)} + \sum \left( \frac{2^0 \cdot 0,64^0}{0!} + \frac{2^1 \cdot 0,64^1}{1!} \right) \right)^{-1} = 0,22.$$

Длина очереди для второго варианта:

Так как система одноканальная и  $\psi > 0,82$ , то длина очереди составит:

$$n_{оч} = \left[ \frac{(7\psi - 1)(3\psi - 1)}{32\psi + (1 - \psi)} \right] * [\psi(1 + v_{обсл}^2) + v_{вх}^2 - 1]; \quad (4.31)$$

$$n_{оч} = \left[ \frac{(7 \cdot 0,96 - 1)(3 \cdot 0,96 - 1)}{32 \cdot 0,96 + (1 - 0,96)} \right] \cdot [0,96(1 + 0,5^2) + 1^2 - 1] = 0,42.$$

3. Определение продолжительности ожидания обработки, при этом интенсивность поступления поездов в систему «ТО в ПОП» определяется как

$$\lambda = \frac{N_{обр}}{24} = \frac{141}{24} = 5,88.$$

$$t_{ож}^{ПО} = \frac{n_{оч}}{\lambda} \quad (4.32)$$

$$1) \ t_{ож}^{лок1} = \frac{0,56}{5,88} = 0,10 \text{ часа};$$

$$2) \ t_{ож}^{лок2} = \frac{0,42}{5,88} = 0,07 \text{ часа}.$$

## 4. Определение загрузки системы обеспечения локомотивами:

$$\psi_{\text{л}} = \frac{t_{\text{л}} - t_{\text{ож}}^{\text{сост}}}{t_{\text{л}}}, \quad (4.33)$$

где  $t_{\text{л}}$  – общее время нахождения поездного локомотива на станции с учетом ожидания состава поезда;

$t_{\text{ож}}^{\text{сост}}$  – простой локомотива в ожидании состава.

$$\psi_{\text{э}} = \frac{93 - 18}{93} = 0,81.$$

5. Определение коэффициента вариации интервалов поступления поездов в систему обеспечения локомотивами, которое соответствует интервалам между моментами завершения технического осмотра (ТО) и определяется по формуле:

$$\nu_{\text{вх}} = \nu_{\text{вх}}^{\text{л}} - \frac{1}{2S} (\nu_{\text{вх}}^{\text{л}} - \nu_{\text{обсл}}^{\text{л}}) \psi_{\text{л}}^{2\nu_{\text{вх}}^{\text{л}}} \quad (4.34)$$

$$\nu_{\text{вх}}^1 = 1 - \frac{1}{2 \cdot 2} (1 - 0,50) \cdot 0,64^{2 \cdot 1} = 0,95;$$

$$\nu_{\text{вх}}^2 = 1 - \frac{1}{2 \cdot 1} (1 - 0,25) \cdot 0,34^{2 \cdot 1} = 0,77$$

6. Расчет длины очереди в систему «обеспечение локомотивами». На всех направлениях используется один вид тяги, поэтому система «обеспечения локомотивами» - одноканальная. Тогда при загрузке системы длина очереди определяется по формуле исходя из  $\psi_{\text{э}} = 0,81$ :

$$n_{\text{оч}}^B = (1,16 \cdot \nu_{\text{вх}}^2 + 0,81 \cdot \nu_{\text{обсл}}^2 - 0,35 + \varepsilon) + (2,58 \cdot \nu_{\text{вх}}^2 + 3,23 \cdot \nu_{\text{обсл}}^2 + 0,75)(\psi - 0,7).$$

Для первого варианта:

$$n_{оч}^1 = (1,16 \cdot 0,95^2 + 0,81 \cdot 0,50^2 - 0,35 + 0,02) + (2,58 \cdot 0,95^2 + 3,23 \cdot 0,50^2 + 0,75)(0,81 - 0,7) = 1,35n$$

Для второго варианта:

$$n_{оч}^2 = (1,16 \cdot 0,77^2 + 0,81 \cdot 0,50^2 - 0,35 + 0,07) + (2,58 \cdot 0,77^2 + 3,23 \cdot 0,50^2 + 0,75)(0,77 - 0,7) = 0,83n$$

7. Определение продолжительности ожидания локомотива:

$$t_{ож}^{лок} = \frac{n_{оч}}{\lambda} \quad (4.35)$$

$$t_{ож}^{лок1} = \frac{1,35}{1,81} = 0,75$$

$$t_{ож}^{лок2} = \frac{0,83}{1,81} = 0,46$$

8. Установление коэффициента вариации интервалов поступления поездов в систему «отправления» по формуле:

$$v_{вх}^{отпр} = v_{вх}^{облок} - 0,5(v_{вх}^{облок} - v_{обсл}^{облок})\psi_{л}^{2v_{вх}^{облок}} \quad (4.36)$$

$$v_{вх}^{отпр1} = 0,95 - 0,5 \cdot (0,95 - 0,5) \cdot 0,81^{2 \cdot 0,95} = 0,80,$$

$$v_{вх}^{отпр2} = 0,77 - 0,5 \cdot (0,77 - 0,5) \cdot 0,29^{2 \cdot 0,77} = 0,67.$$

9. Определение загрузки i-го участка

$$\Psi_{yi} = (N_{mp} + N_{сф})_i / n_{эpi}, \quad (4.37)$$

где  $n_{эpi}$  — наличная пропускная способность участка (количество грузовых ниток отправления в грузовом движении).

$$\Psi_i^{север} = (N_{mp} + N_{сф}) / n_{эпи} = (44 + 15) / 129 = 0,46; \quad (4.38)$$

$$\Psi_i^{юг} = (N_{mp} + N_{сф}) / n_{эпи} = (28 + 4) / 129 = 0,25; \quad (4.39)$$

$$\Psi_i^{запад} = (N_{mp} + N_{сф}) / n_{эпи} = (11 + 10) / 126 = 0,17; \quad (4.40)$$

$$\Psi_i^{восток} = (N_{mp} + N_{сф}) / n_{эпи} = (18 + 11) / 129 = 0,5. \quad (4.41)$$

10. Определение среднего числа готовых составов, ожидающих отправление на каждый из участков

$$n_{оч}^p = \frac{\psi \cdot (1 + v_{обс}^2) + v_{ex}^2 - 1}{2 \cdot \left( \frac{1}{\psi} - 1 \right)} + \varepsilon; \quad (4.42)$$

Север:

$$n_{оч}^1 = \frac{0,46(1 + 0,9^2) + 0,8^2 - 1}{2 \cdot \left( \frac{1}{0,46} - 1 \right)} + 0,06 = 0,26;$$

$$n_{оч}^2 = \frac{0,46(1 + 0,9^2) + 0,67^2 - 1}{2 \cdot \left( \frac{1}{0,46} - 1 \right)} + 0,09 = 0,21;$$

Юг:

$$n_{оч}^1 = \frac{0,25(1 + 0,9^2) + 0,8^2 - 1}{2 \cdot \left( \frac{1}{0,25} - 1 \right)} + 0,06 = 0,08;$$

$$n_{оч}^2 = \frac{0,25(1 + 0,9^2) + 0,67^2 - 1}{2 \cdot \left( \frac{1}{0,25} - 1 \right)} + 0,09 = 0,07;$$

Запад:

$$n_{оч}^1 = \frac{0,17(1 + 0,9^2) + 0,8^2 - 1}{2 \cdot \left( \frac{1}{0,17} - 1 \right)} + 0,06 = 0,05;$$

$$n_{оч}^2 = \frac{0,17(1+0,9^2)+0,67^2-1}{2 \cdot \left(\frac{1}{0,17}-1\right)} + 0,09 = 0,07;$$

Восток:

$$n_{оч}^1 = \frac{0,25(1+0,9^2)+0,8^2-1}{2 \cdot \left(\frac{1}{0,25}-1\right)} + 0,06 = 0,08;$$

$$n_{оч}^2 = \frac{0,25(1+0,9^2)+0,67^2-1}{2 \cdot \left(\frac{1}{0,25}-1\right)} + 0,09 = 0,07.$$

## 11. Определение времени ожидания отправления на каждый участок

$$t_{ож}^{омп} = \frac{n_{оч}}{\lambda} \quad (5.2.43)$$

Север:

$$\lambda^{сеv} = (N_{мп} + N_{сф})^{сеv} / 24 = \frac{(44+15)}{24} = 2,46 \text{ поездов/сут.}; \quad (4.44)$$

$$t_{ож}^{омп1} = \frac{0,26}{2,46} = 0,11$$

$$t_{ож}^{омп2} = \frac{0,21}{2,46} = 0,09$$

Юг:

$$\lambda^{юv} = (N_{мп} + N_{сф})^{юv} / 24 = \frac{(28+14)}{24} = 1,33 \text{ поездов/сут.}; \quad (4.45)$$

$$t_{ож}^{омп1} = \frac{0,08}{1,33} = 0,06$$

$$t_{ож}^{омп2} = \frac{0,07}{1,33} = 0,05$$

Запад:

$$\lambda^{zan} = (N_{mp} + N_{cf})^{zan} / 24 = \frac{(11+10)}{24} = 0,88 \text{ поездов/сут.}; \quad (4.46)$$

$$t_{ож}^{omnp1} = \frac{0,05}{0,88} = 0,06$$

$$t_{ож}^{omnp2} = \frac{0,07}{0,88} = 0,08$$

Восток:

$$\lambda^{вост} = (N_{mp} + N_{cf})^{вост} / 24 = \frac{(18+11)}{24} = 1,21 \text{ поездов/сут.}; \quad (4.47)$$

$$t_{ож}^{omnp1} = \frac{0,08}{1,21} = 0,07$$

$$t_{ож}^{omnp2} = \frac{0,07}{1,21} = 0,06$$

12. Выведение средневзвешенного по всему парку время ожидания отправления на прилегающие участки:

$$t_{ож}^{om} = \frac{t_{ож}^{север} (N_{cf} + N_{mp})^{север} + t_{ож}^{юг} (N_{cf} + N_{mp})^{юг} + t_{ож}^{запад} (N_{cf} + N_{mp})^{запад} + t_{ож}^{восток} (N_{cf} + N_{mp})^{восток}}{(N_{cf} + N_{mp})^{север} + (N_{cf} + N_{mp})^{юг} + (N_{cf} + N_{mp})^{запад} + (N_{cf} + N_{mp})^{восток}}. \quad (5.2.48)$$

$$t_{ож}^{om1} = \frac{0,11(44+15) + 0,06(28+14) + 0,06(11+10) + 0,07(18+11)}{44+15+28+14+11+10+18+11} = 0,09$$

$$t_{ож}^{om2} = \frac{0,09(44+15) + 0,05(28+14) + 0,08(11+10) + 0,06(18+11)}{44+15+28+14+11+10+18+11} = 0,08$$

13. Нахождение min суммарных приведенных затрат на нахождение вагонов в ПО (парк отправки):

$$E_{вп}^{ПО} = N_{ом} \cdot m_{ф} \cdot C_{в-ч} (t_{ож}^{ТО} + t_{обп} + t_{ож}^{\pi} + t_{ож}^{om}), \quad (5.2.49)$$



$$E_{\text{ер}}^{\text{П}01} = 141 \cdot 71 \cdot 6,3 \cdot (1,28 + 0,10 + 0,75 + 0,09) = 140013,85 \text{ руб}$$

$$E_{\text{ер}}^{\text{П}02} = 141 \cdot 71 \cdot 6,3 \cdot (0,96 + 0,07 + 0,46 + 0,08) = 99018,8 \text{ руб}$$

14. Расчет min суммарных приведенных затрат на заработную плату штата работников ПТО (парк технического обслуживания):

$$E_{\text{бр}}^{\text{ПТО}} = 4,5 \cdot S_{\text{бр}} \cdot \kappa_{\text{зр}} \cdot C_{\text{мес}}^{\text{ПП}} \quad (4.48)$$

$$E_{\text{бр}}^{\text{ПТО1}} = 4,5 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 15000 = 270000 \text{ руб}$$

$$E_{\text{бр}}^{\text{ПТО2}} = 4,5 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 15000 = 202000 \text{ руб}$$

15. Выбор варианта с минимальными приведенными затратами:

$$\sum E^1 = E_{\text{ер}}^{\text{П}01} + E_{\text{бр}}^{\text{ПТО1}} = 140013,85 + 270000 = 410013,85 \text{ руб}$$

$$\sum E^2 = E_{\text{ер}}^{\text{П}02} + E_{\text{бр}}^{\text{ПТО2}} = 99018,8 + 202000 = 301018 \text{ руб}$$

Для удобства все расчеты ведутся в виде таблицы 4.10.

Таблица 4.10 – Возможные варианты обработки и отправления составов бригадой.

№ вар	$\kappa_{\text{зр}}$	$t_{\text{обсл}}$	$S_{\text{бр}}$	$t_{\text{обсл}}^{\text{ПО}}$ ч.	$\psi_{\text{бр}}$	$n_{\text{оч}}$	$\nu_{\text{вх}}^{\text{об.лок}}$	$n_{\text{оч}}^{\text{л}}$	$t_{\text{ож}}^{\text{лок}}$	$\nu_{\text{вх}}^{\text{отпр}}$	$t_{\text{ож}}^{\text{отпр}}$	Затраты, $E_{\text{ер}}^{\text{ПО}}$	Затраты, $E_{\text{ПТО}}^{\text{ПО}}$	$\sum E$
1	2	1,28	2	0,10	0,64	0,56	0,95	1,35	0,75	0,8	0,09	140014	270000	410014
2	3	0,96	1	0,07	0,96	0,42	0,77	0,89	0,46	0,67	0,08	99019	202000	301018

Результаты расчетов использованы для разработки сокращенного графика обработки транзитного вагона с переработкой, которые представлены на рисунке 4.4.

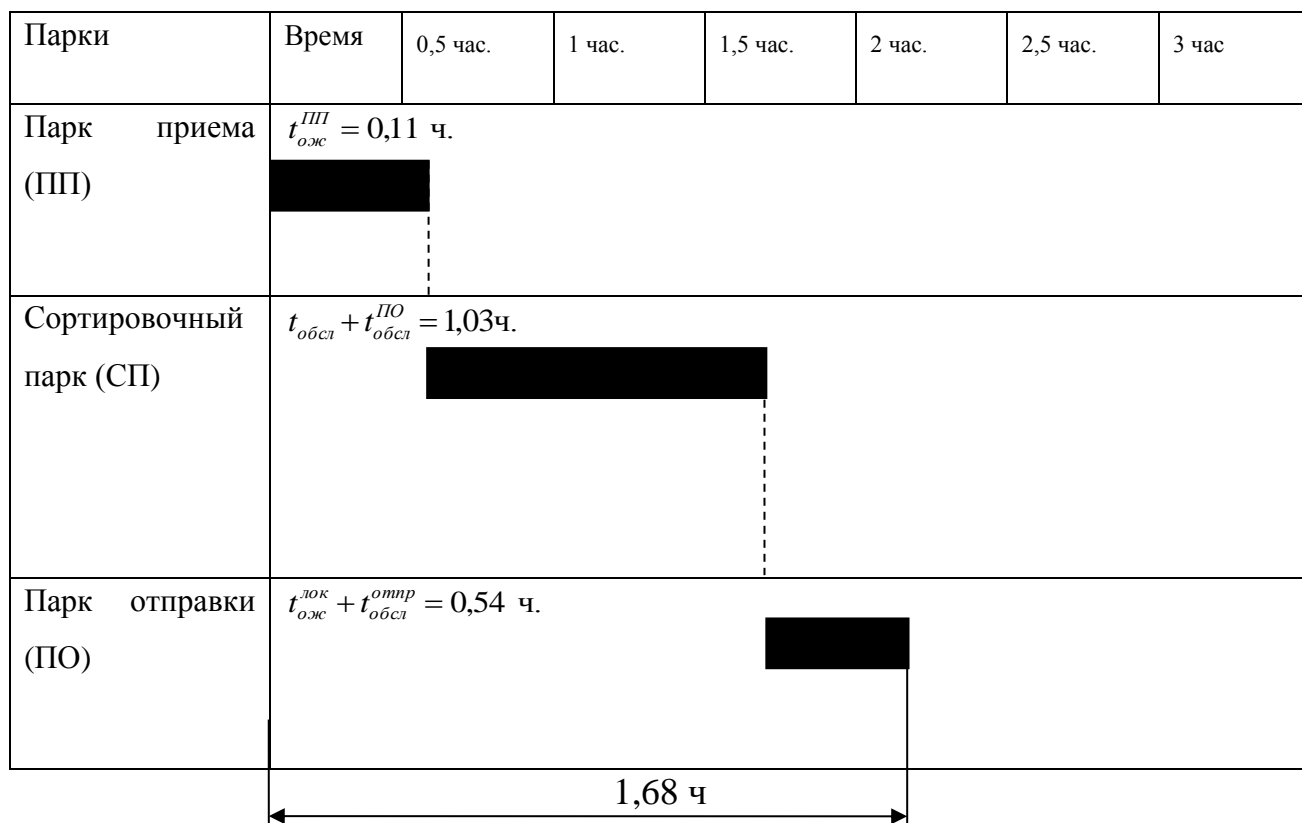


Рисунок 4.4 – Сокращенный график обработки транзитного вагонопотока с переработкой

Вывод: с помощью теории системы массового обслуживания была создана оптимальная схема модели, описывающей технологический процесс обработки поездов (прием, техническое обслуживание, расформирование, формирование и отправление составов на железнодорожном узле), рассчитаны оптимальные показатели времени выполнения операций в соответствии с пропускной способностью участка, число бригад, загрузка локомотивной бригады, загрузкой участка и другого в зависимости от суммы минимальных приведенных затрат. В соответствии с расчетами был построен сокращенный график обработки транзитного вагонопотока с переработкой на исследуемом железнодорожном участке.

Подводя итоги первых двух подразделов данной главы, необходимо отметить, что две ранее описанные модели являются дополнением друг друга в рамках оптимизации риска нарушения сроков доставки грузов в двух разрезах управленческой работы:

1) определение границ допустимого времени простоя вагонов средствами имитационного моделирования Монте-Карло, реализуемыми в программной среде в процессе принятия решения о мерах нивелирования недопустимого времени сврехнормативного простоя на станции (алгоритм данной задачи описан имитационной моделью Монте-Карло);

2) определение оптимальных параметров в процессе транспортного обслуживания массового вагонопотока на станции, а именно определение оптимальных показателей времени выполнения операций в соответствии с пропускной способностью участка, числа локомотивных бригад, загрузки бригады, загрузки участка и др. (в корпоративной информационной системе). Алгоритм данной задачи описан моделью обслуживания вагонопотоков методом теории систем массового обслуживания.

Описанный алгоритм формирования оптимизационных моделей (в основе которых лежит обработка статистических данных) необходимо зашить в программу, предназначенную для оценки логистических рисков на предприятии. В программе должен быть реализован вывод нового автоматизированного аналитического отчета необходимого для принятия решения по управлению логистическими рисками на базе Корпоративного информационного хранилища (требования по адаптации КИХ описаны в следующем разделе главы).

#### **4.3 Разработка требований по адаптации Корпоративного информационного хранилища (КИХ) для автоматического формирования отчета «Анализ риска простоя вагонов по станциям»**

С целью автоматизации формирования аналитического отчета по рискам сверхнормативного простоя в разрезе родов подвижного состава, ответственных подразделений и служб (на чью ответственность относится риск), локальных параметров возникновения рисков (где территориально возникает риск простоя) необходимо адаптировать АС КИХ под формирование имитационных математических моделей (по ранее представленному алгоритму расчетов) с рядом дополнительных требований.

Данный отчет должен позволять оценить риск простоя по железнодорожным станциям, подразделениям дорог и других служб, а также оценить долю вклада каждого из подразделений производственного и коммерческого блоков в простой вагонов. К производственному блоку следует отнести службы ДЦУП (Дорожный центр управления перевозками), выполняющей задачи организации движения поездов и ДИ (Дирекция инфраструктуры), отвечающей за техническую исправность подвижного состава; а к коммерческому блоку относится подразделение ТЦФТО (Территориальный центр фирменного транспортного обслуживания), оказывающий базовую услугу перевозок по организации работы с клиентами.

Для данного отчета требуется реализовать следующие параметры для формирования данных:

- «РПС» – отбор по роду подвижного состава; должен быть реализован множественный выбор значений; по умолчанию – все РПС;
- «Дорога» – дорога отправления; по умолчанию – все дороги отправления;
- «Год» – год принятия груза к перевозке; значение по умолчанию – год по системной дате;

– «Квартал» – квартал принятия груза к перевозке; значение по умолчанию квартал по системной дате; допускается выбор нескольких значений; список кварталов должен быть ограничен выбранным годом;

– «Отчетный месяц» – месяц принятия груза к перевозке; значение по умолчанию месяц по системной дате; допускается выбор нескольких значений; список месяцев должен быть ограничен выбранными кварталами.

Для адаптации КИХ на формирование указанной аналитики необходимо выделить следующие задачи:

1) В выводе аналитики требуется реализовать возможность формирования по заданным параметрам (указанным выше) данных о простое вагонов, сгруппированных по РПС, дорогам и станциям отправления; в отчете должны учитываться рейсы, у которых дата прибытия на станцию погрузки попадает в отчетный период;

2) Простой вагонов не должен рассчитываться по станциям, которые входят в Реестр железнодорожных станций, на которых осуществляются технологические операции при управлении вагонными парками;

3) Источником данных о технологических станциях должен быть существующий справочник ОАО «РЖД» об опорных станциях;

4) Начало порожнего вагона на станции должно регистрироваться с 0:00 часов даты, которая следует за датой прибытия на эту станцию порожнего вагона;

5) Окончание простоя порожнего вагона на станции должно завершаться в случае приема груза к перевозке по накладной, следующей за накладной под погрузку на станцию текущей дислокации вагона. Таким образом, дата и время простоя должны быть равны дате и времени приема груза к перевозке из накладной. В случае, если простой продолжается на момент окончания отчетного периода, за дату окончания простоя принимать дату окончания отчетного периода;

6) Необходимо реализовать автоматическую привязку рейса поезда под погрузку к заявке на предоставление вагонов по отправлению и прибытию;

7) Требования к алгоритму привязки вагонов к графикам подачи заявок грузоотправителей на предоставление вагонов (приведены в таблице 4.12).

8) В случае, если удалось выполнить привязку рейса вагона к графику подач заявки по алгоритму (приведенному в таблице 4.12), признакам «Отправлен под график»/«прибыл по график» следует присваивать значение «Да», иначе – «Нет»;

9) Необходимо реализовать отнесение простоя на подразделения ОАО «РЖД» в соответствии с правилами, приведенными в таблице 4.12;

10) Реализовать информационный справочник «Коэффициенты ответственности за простой под погрузкой» в разрезе РПС (данные коэффициенты содержатся в таблице 4.12 (или приложении) и обозначаются «M1», «N1», «M2», «N2», «M3», «N3», «M4», «N4», «M5», «N5», «M6», «N6», «M7», «N7», «M8», «N8») с сохранением истории операции редактирования;

11) Шаблон формы и описание аналитических разделов представлены в таблице 4.13.

12) Необходимо реализовать отдельное право на работу пользователя с отчетом «Анализ простоя вагона по станциям»

13) Время формирования данных за месяц по всем дорогам, содержащих 300 000 записей, не должно превышать 5 минут.

Таблица 4.12 – Правила расчета простоя по подразделениям (или в приложение)

Условия					Результат
Браковка	Привязка к заявке по отправления	Привязка к заявке по прибытия	Коэффициенты ответственной службы		
			ДЦУП	ТЦФТО	
1	2	3	4	5	6
Нет	Нет	Нет	M1(=1)	N1(=0)	[Дата начала простоя, Дата окончания простоя]*M1 – ДЦУП; [Дата начала простоя, Дата окончания простоя]*N1 –ТЦФТО; Контроль. M1+ N1=1
Нет	Нет	Да	M2(=1)	N2(=1)	Если дата привязки по прибытию<Дата окончания простоя [начало простоя, Дата привязки по прбытию]*M2 –ДЦУП [Дата привязки по прибытию, Дата окончания простоя]*N2 – ТЦФТО ИНАЧЕ [начало простоя, Дата окончания простоя]*M2 – ДЦУП
Нет	Да	Нет	M3(=0,5)	N3(=0,5)	[Дата начала простоя, Дата окончания простоя]*M3 – ДЦУП [Дата начала, Дата окончания простоя]*N3 – ТЦФТО Контроль. M3+ N3=1
Нет	Да	Да	M4(=1)	N4(=1)	Если Дата привязки по прибытию<Дата окончания простоя [начало простоя, Дата привязки по прибытию]*M4 – ДЦУП [Дата привязки по прибытию, Дата окончания простоя]*N4 – ТЦФТО ИНАЧЕ [начало простоя, Дата окончания простоя]*M4 –ДЦУП

Продолжение таблицы 4.12

1	2	3	4	5	6
Да	Нет	Нет	M5(=1)	N5(=0)	[Дата начала простоя, Дата браковки]*M5 – ДЦУП [Дата начала простоя, Дата браковки]*N5 – ТЦФТО [Дата браковки, Дата окончания простоя] – ДИ; Контроль. M5+ N5=1
Да	Нет	Да	M6(=1)	N6(=1)	Если Дата привязки по прибытию < Дата браковки [начало простоя, Дата привязки по прибытию]*M6 – ДЦУП [Дата привязки по прибытию, Дата браковки]*N6 – ТЦФТО [Дата браковки, Дата окончания простоя] – ДИ ИНАЧЕ [Дата начала простоя, Дата браковки]*M6 – ДЦУП [Дата браковки, Дата окончания простоя] – ДИ
Да	Да	Нет	M7(=0,5)	N7(=0,5)	[Дата начала простоя, Дата браковки]*M7 – ДЦУП [Дата начала простоя, Дата браковки]*N7 – ТЦФТО [Дата браковки, Дата окончания простоя] – ДИ Контроль. M7+ N7=1
Да	Да	Да	M8(=1)	N8(=1)	Если Дата привязки по прибытию < Дата браковки [начало простоя, Дата привязки по прибытию]*M8 – ДЦУП [Дата привязки по прибытию, Дата браковки]*N8 – ТЦФТО [Дата браковки, Дата окончания простоя] – ДИ ИНАЧЕ [Дата, начала простоя, Дата браковки] * M8 – ДЦУП [Дата браковки, Дата окончания простоя] – ДИ



Таблица 4.13 – Описание аналитических разделов отчета по простоям

№	Наименование раздела	Описание
1	РПС	Наименование рода подвижного состава
2	Дорога	Наименование дороги простоя
3	Станция	Наименование станции простоя
4	Номер вагона	Инвентарный номер вагона
5	Номер накладной	Номер транспортной накладной из АС «ЭТРАН»
6	Дата приема груза	Дата приема груза к перевозке по накладной
7	Дата прибытия	Дата прибытия вагона на станцию простоя
8	Отправлен под график	Допустимые значения: «Да», «Нет»
9	Прибыл под график	Допустимые значения: «Да», «Нет»
10	Простой на ответственности ДЦУП	Расчет значения в соответствии с правилами, приведенными в таблице 0 или приложении 0
11	Простой на ответственности ТЦФТО	Расчет значения в соответствии с правилами, приведенными в таблице 0 или приложении 0
12	Простой на ответственности ДИ	Расчет значения в соответствии с правилами, приведенными в таблице 0 или приложении 0
13	Простой общий, сут.	$(13)=(10)+(11)+(12)$

Стоит отметить для таблицы 4.13, что значение поля «Отправлен под график» имеет значение «Да», если на момент отправки вагон привязан к графику подач, иначе – «Нет»; а поле «Прибыл под график» имеет значение «Да», если на момент прибытия вагон привязан к графику подач, иначе – «Нет».

Для реализации алгоритма автоматической привязки рейса под погрузку к заявке на предоставление вагона (далее заявок) необходимо соблюдать следующие требования:

- 1) Вычисление обеспечения текущего месяца должно базироваться на данных о заявках на погрузку и погрузочном ресурсе текущего, прошлого и следующего месяца;
- 2) Данные заявок на погрузку должны сортироваться по дате подачи вагонов, дате окончания срока действия заявки (условие С1) и дате подписания заявок;

3) Сопоставление заявок на погрузку и погрузочного ресурса должно последовательно осуществляться по роду подвижного состава, станции погрузки (обеспечения);

4) Для погруженных вагонов должны выполняться следующие условия:

– в случае если погрузка на момент сопоставления привязана к договору оперирования, то клиент по заявке должен совпадать с клиентом по договору оперирования;

– «Дата погрузки» $\geq$  «Дата начала действия заявки»;

– «Дата погрузки» $\leq$  «Дата начала действия заявки»;

– «Дата обеспечения» $\leq$  «Дата графика подачи» (условие Ф1);

5) Для порожних вагонов должны выполняться следующие условия:

– «Дата обеспечения» $\leq$  «Дата окончания действия заявки»;

– «Дата обеспечения» $\leq$  «Дата графика подачи» (условие Ф1);

6) Данные погрузочного ресурса привязываются к заявкам в следующем приоритете:

– по типу обеспечения («0» - погруженные вагоны, «1» - вагоны на станции ожидания погрузки; «2» - вагоны заадресованы по накладным в адрес грузоотправителя заявки);

– по совпадению грузополучателя по накладной и грузоотправителя по заявке;

– по дате обеспечения (условие С2). Описание условия представлено в п. 5 и 4.

7) При выборе даты графика подач заявки, к которой должен быть привязан рейс, должна выбираться ближайшая дата графика подач больше и равная прогнозной дате прибытия вагона. Прогнозная дата прибытия вагона на станцию погрузки ( $T_{п}$ ) равна дате срока доставки из соответствующей накладной ( $T_{сд}$ ), уменьшенной на трое суток ( $T_{п}=T_{сд}-3$ ).

Техническими требованиями к процессу формирования аналитического отчета являются:

- время формирования отчета за месяц, содержащего менее 300000 записей не должно превышать 5 минут (по всем дорогам);
- у пользователя должна быть возможность выгрузить отчет в Excel; время выгрузки отчета за год не должно превышать 15 минут для 12000000 записей;
- доступ к данным отчета должен быть ограничен по регионам ответственности пользователей;
- в экранной форме последняя строка всегда должна отображать итоговые данные;
- для организации гибкой настройки ответственности каждого из подразделений в простой существовать служебный справочник для указаний значений коэффициентов «M1», «N1», «M2», «N2», «M3», «N3», «M4», «N4», «M5», «N5», «M6», «N6», «M7», «N7», «M8», «N8» с возможностью задания коэффициентов в разрезе РПС.

В информационной системе необходимо реализовать функцию прогнозирования рисков возникновения сверхнормативного простоя на основе ретроспективных данных. Данная функция должна обеспечивать прогнозирование по однофакторным и многофакторным моделям. На базе персонального компьютера система с графическим монитором должна позволять осуществлять следующие действия в диалоговом режиме:

- ввод, отображение и корректировку исходной информации в текстовом и графическом режимах;
- выбор и прогнозирование по различным моделям;
- сравнение результатов по числовым характеристикам отклонений (коэффициенты среднего отклонения, среднего квадратического отклонения, корреляции, детерминации и др.) и визуализацию результатов для сравнения в графическом виде;
- вывод результатов в текстовом и графическом виде на печатающее устройство или внешние носители информации;

- накопление статистических данных по использованным моделям и выбор моделей с учетом накопленной статистической информации.

Требования к программному обеспечению для прогнозирования процессов определяются многоаспектностью процесса прогнозирования, существованием различных классов моделей прогнозирования и методов оценок параметров этих моделей. При этом основными требованиями к программному средству прогнозирования является следующее:

- возможность анализа исходных данных (определение статистических характеристик показателей);

- возможность корректировки исходных данных (исключение выбросов, преобразование исходных данных для обеспечения «сопоставимости» и др.);

- возможность визуализации исходных данных;

- наличие разных классов моделей для прогнозирования;

- автоматизированная оценка параметров;

- возможность задания параметров (или части параметров) пользователем;

- автоматизация получения прогноза;

- возможность оценки адекватности прогноза разными

- статистическими показателями;

- возможность визуализации результатов по прогнозным моделям;

- «протоколирование» работы (вывод результатов работы) в удобной форме (графическом и текстовом виде);

- хранение статистической информации по использованным (успешным) моделям;

- удобный интерфейс пользователя.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате выполнения данного проекта были реализованы все поставленные цели и задачи, направленные на разработку новых эффективных моделей для информационной системы управления логистическими рисками на предприятии.

Работа содержит в себе теоретическую часть, охватывающую тему современных информационных логистических технологий на железнодорожном транспорте, связанных с организацией процесса перевозок в ОАО «РЖД» и управлением логистическими рисками; включает исследование аналитических данных работы компании и анализ архитектуры предприятия; содержит исследование предметной области структуры логистических рисков в структурных подразделениях ОАО «РЖД».

Как выявлено из исследуемых научных информационных источников по теме управления логистическими рисками, целевых исследований рисков в цепях поставок (в том числе логистических рисков) в России не проводилось. Однако важность данных исследований высока, поскольку структуризация рисков позволит установить прозрачность контроллинга логистических издержек и процессов, подготовить информацию для принятия решений и минимизировать риски в цепях поставок. При этом реализация базы знаний логистических рисков в современных информационных системах является необходимым условием эффективной работы предприятий и фирм.

В настоящей работе была формализована семантическая модель логистических рисков как база знаний. Анализ факторов, влияющих на возникновение различных потерь в области железнодорожных перевозок, привел к выявлению определенных групп рисков в логистике (риск превышение нормы простоя вагонов под грузовыми операциями; риск нарушения сроков доставки грузов; риски, связанные с несовершенством корпоративных информационных систем (сбой информационного обеспечения

и др.)). Для каждого вида рисков была вычислена своя средняя вероятность. Данные знания позволяют узнать, какой логистический риск характерен для каждого структурного подразделения компании ОАО «РЖД», а также определить значения каких-либо рисков.

Для расширения функционала применяемой на предприятии корпоративной информационной системы с целью совершенствования системы управления логистическими рисками была создана математическая база оптимизационных моделей.

В результате модификации алгоритмов статистического и имитационного моделирования Монте-Карло была разработана новая логико-алгоритмическая последовательность математических расчетов с целью оптимизации издержек, связанных с длительным простоем вагонов на станции. По результатам вывода данной модели и ее анализа можно определять наиболее часто встречающиеся нарушения, причины нарушений и определять качественные меры для их исключения в процессе принятия управленческих решений.

Вместе с этим на основании теории системы массового обслуживания была построена оптимальная схема модели, описывающей технологический процесс обработки поездов. В результате моделирования был построен сокращенный график обработки транзитного вагонопотока (с переработкой) на исследуемом железнодорожном участке.

Для формирования нового аналитического отчета в информационной системе «Анализ риска простоя вагонов по станциям» были разработаны технологические требования по адаптации корпоративной информационной системы на предмет создания имитационных моделей. Подробное описание параметров для формирования данных, сформированные правила расчета простоя вагонов по подразделениям, описание необходимых аналитических разделов отчета по рискам простоя, разработанные требования к программному обеспечению и технические требования к процессу формирования аналитического отчета свидетельствуют о готовности внедрения и

практической реализации разработок, предложенных в данной работе. В свою очередь создание качественных моделей в информационных системах предприятия позволит с пользой применять наработанные статистические данные, накапливать и использовать опыт экспертов для организации качественной работы железнодорожных предприятий и оптимизации производственных процессов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Абдикеев, Н. М. Проектирование интеллектуальных систем в экономике [Текст] / Н.М. Абдикеев: - Москва: Экзамен, 2014. - 314 с.
- 2 Авдошин, С.М. Информатизация бизнеса. Управление рисками [Текст] / С.М. Авдошин, Е.Ю. Песоцкая. - Москва: ДМК Пресс, 2015. - 208 с.
- 3 Балдин, К.В. Управление рисками в инновационно-инвестиционной деятельности предприятия [Текст] / К.В. Балдин. - Москва.: Дашков и К, 2016. - 420 с.
- 4 Балдин, К. В. Теоретические основы автоматизации профессиональной деятельности в экономике [Текст] / К. В. Балдин, В. Б. Уткин. - Москва: Изд-во Московского социального института, 2014. - 400 с.
- 5 Белозёров, О. И. Информационные технологии управления [Текст] / О. И. Белозёров. – Хабаровск: РИЦ ХГАЭП, 2014. - 80 с.
- 6 Балалаев, А.С. Формирование конкурентоспособных транспортных составляющих логистических систем [Текст] / А.С. Балалаев. – Хабаровск, ДВГУПС, 2014. – 217 с.
- 7 Балалаев, А.С. Логистические центры в системе мультимодальных перевозок [Текст] / А.С. Балалаев, С.Ю. Елисеев. – Хабаровск: ДВГУПС, 2015. – 113 с.
- 8 Бородин, А.Р. Концепция построения АСУ Система АСТРА [Текст] / А.Р. Бородин, А.В. Харитонов, Е.В. Прилепин. – Москва: Академия, 2011. – 168 с.
- 9 Голицина, О. Л. Информационные системы [Текст] / О. Л. Голицина, Н.В. Максимов, И. И. Попов. - Москва: ИНФРА-М, 2016. - 496 с.
- 10 Диги С., М. Базы данных: проектирование и использование [Текст] / С. М. Диги. - Москва : Финансы и статистика, 2015. - 592 с.



- 11 Елисеев, С.Ю. Система логистического управления взаимодействием железных дорог с морскими и речными портами и другими видами транспорта [Текст] / С.Ю. Елисеева. – Москва: ВИНТИ РАН, 2012. – 97-99 с.
- 12 Елисеев, С.Ю. Управление экспортными грузами, следующими через морские порты [Текст] / С.Ю. Елисеев, М.М. Богатырев, В.Н. Зубков, Е. В. Голубева. – Наука и техника транспорта . – №1. – Москва, 2014. – С. 6-12.
- 13 Елисеева, С.Ю. Логистическое управление грузовыми перевозками и терминально-складской деятельностью [Текст] / С.Ю. Елисеева, В.М. Николашин, А.С. Сеницына. – Москва: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 103 с., 121 с., 155с.
- 14 Журавлев, Н.П. Транспортно-грузовые системы: учебник для вузов ж.-д. транспорта [Текст] / Н.П. Журавлев. – Москва: Маршрут, 2014. – 134 с.
- 15 Золотов, С. И. Интеллектуальные информационные системы [Текст] / С. И. Золотов. – Воронеж: Научная книга, 2015. - 140 с.
- 16 Иванов, Д.А. Логистика. Стратегическая кооперация [Текст]/ Д.А. Иванов. – Москва: Вершина, 2011. – 47 с.
- 17 Ковалев, В.В. Финансы организаций (предприятий) [Текст] / В.В.Ковалев. – Москва: Изд-во Проспект, 2014. – 94 с.
- 18 Ковалева, Н.А. Логистические провайдеры в транспортной системе [Текст] / Н.А. Ковалева, Е.А. Чеботарева. – Ростов н/Д: ФБГОУ ВПО РГУПС, 2015. – 88 с.
- 19 Сергеева, В.И. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов [Текст] / В.И. Сергеева. – Москва: Инфра-М, 2010. – 924 с.
- 20 Котов, А.Н. Логистический подход к управлению выгрузкой на железнодорожном транспорте. [www.e-library](http://www.e-library) (проверено 20.01.2018 г.).
- 21 Кузнецов, А.В. Развитие логистических технологий на сети дорог [Текст] / А.В. Кузнецов // Железнодорожный транспорт. – Москва, 2016. – № 11. С. 19.
- 22 Кузнецов, А.П. Логистика грузопотоков в припортовых транспортных узла [Текст] / А.П. Кузнецов. – Москва: МИИТ, 2016.

- 23 Кузнецов, А.П., Логистика как эффективный инструмент системного совершенствования процесса транспортного обслуживания грузовладельцев [Текст] / А.П. Кузнецов, В.М. Николашин, – Москва: Дом книги, 2011. – 58-61с..
- 24 Дыбская, В.В. Логистика: интеграция и оптимизация логистических бизнес-процессов в цепях поставок: [Текст] / В.В. Дыбская, Е.И. Зайцев, В.И. Сергеев, А.Н. Стерлигова. – Москва: Эскмо, 2013. – 312-315 с.
- 25 Бебекин, К.А. Логистика. Управление потоками: бизнес-энциклопедия [Текст] / К.А. Бебекин. – Санкт-Петербург: Бизнес Пресс, 2012. – 281 с.
- 26 Николашин В.М. Логистические центры и корпорации [Текст] / В.М. Николашин. – Москва: МИИТ, 2012. – 141 с.
- 27 Маликов, О.Б. Склады и грузовые терминалы [Текст] / О.Б. Маликов – Санкт-Петербург: Бизнес-Пресса, 2014. – 216 с.
- 28 Мамаев, Э. А. Логистические провайдеры в транспортной системе [Текст] / Э.А. Мамаев, Е.А. Чеботарева; Рост. гос. ун-т путей сообщения. – Ростов н/Д, 2014. – 123 с.
- 29 Николашин, В.М. Оптимизация управления интермодальными цепями поставок товаров [Текст] / В.М. Николашин, А.С. Синицына, Е. Д. Бабанина, Н. Ю. Лахметкина. – Москва: МИИТ, 2016. – 58 с.
- 30 Николашин, В.М. Теоретические основы логистических технологий [Текст] / В.М. Николашин. – Москва: МИИТ, 2010. – 73с.
- 31 Остроухова, А.К. Логистический риск как «измеримая неопределенность» [Текст] / А.К. Остроухова // Нравственные императивы в праве, образовании, науке и культуре: сб. статей. – Белгород, 2017. – С. 746-748.
- 32 Остроухова, А.К. Семантическая модель логистических рисков на железнодорожном транспорте [Текст] / А.К. Остроухова // Молодежный научный форум: технические и математические науки: сб. статей. – Москва, 2017. – Вып. №12(55). – С. 54-55.

33 Плошкин, В.В. Оценка и управление рисками на предприятиях [Текст] / В.В. Плошкин. - Ст. Оскол: Дом книги, 2013. - 210 с.

34 Правдин, Н.В. Проектирование инфраструктуры железнодорожного транспорта (станции, железнодорожные и транспортные узлы) [Текст] / Н.В. Правдин, С.П. Вакуленко. – Москва: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013. – 945 с.

35 Прокофьева, Т.А. Логистика транспортно-распределительных систем: региональный аспект [Текст] / Т.А. Прокофьева, О.М. Лопаткин. – Москва: РКонсультант, 2013. – 356-361 с.